

Modulhandbuch

M.Sc. Earth Oriented Space Science and Technology

Studiengang M.Sc. Earth Oriented Space Science and Technology

Technische Universität München

www.tum.de/

Allgemeine Informationen und Lesehinweise zum Modulhandbuch

Zu diesem Modulhandbuch:

Ein zentraler Baustein des Bologna-Prozesses ist die Modularisierung der Studiengänge, das heißt die Umstellung des vormaligen Lehrveranstaltungssystems auf ein Modulsystem, in dem die Lehrveranstaltungen zu thematisch zusammenhängenden Veranstaltungsblöcken - also Modulen - gebündelt sind. Dieses Modulhandbuch enthält die Beschreibungen aller Module, die im Studiengang angeboten werden. Das Modulhandbuch dient der Transparenz und versorgt Studierende, Studieninteressierte und andere interne und externe Adressaten mit Informationen über die Inhalte der einzelnen Module, ihre Qualifikationsziele sowie qualitative und quantitative Anforderungen.

Wichtige Lesehinweise:

Aktualität

Jedes Semester wird der aktuelle Stand des Modulhandbuchs veröffentlicht. Das Generierungsdatum (siehe Fußzeile) gibt Auskunft, an welchem Tag das vorliegende Modulhandbuch aus TUMonline generiert wurde.

Rechtsverbindlichkeit

Modulbeschreibungen dienen der Erhöhung der Transparenz und der besseren Orientierung über das Studienangebot, sind aber nicht rechtsverbindlich. Einzelne Abweichungen zur Umsetzung der Module im realen Lehrbetrieb sind möglich. Eine rechtsverbindliche Auskunft über alle studien- und prüfungsrelevanten Fragen sind den Fachprüfungs- und Studienordnungen (FPSOen) der Studiengänge sowie der allgemeinen Prüfungs- und Studienordnung der TUM (APSO) zu entnehmen.

Wahlmodule

Wenn im Rahmen des Studiengangs Wahlmodule aus einem offenen Katalog gewählt werden können, sind diese Wahlmodule in der Regel nicht oder nicht vollständig im Modulhandbuch gelistet.

Verzeichnis Modulbeschreibungen (SPO-Baum)

Alphabetisches Verzeichnis befindet sich auf Seite 270

[20191] Master Earth Oriented Space Science and Technology | Master Earth Oriented Space Science and Technology

| | |
|--|---------|
| Module 1. - 2. Semester Modules 1. - 2. Semester | 8 |
| [BGU45037] Einführung in die Erdsystemforschung Introduction to Earth System Science | 8 - 10 |
| [BGU57018] Numerische Modellierung Numerical Modeling | 11 - 12 |
| [BGU48036] Einführung in die Photogrammetrie, Fernerkundung und Digitale Bildverarbeitung Introduction to Photogrammetry, Remote Sensing and Digital Image Processing [PRE/IPE] | 13 - 15 |
| [BGU31006] Signalverarbeitung und Mikrowellenfernerkundung Signal Processing and Microwave Remote Sensing | 16 - 17 |
| [BGU61030] Angewandte Computerwissenschaften Applied Computer Science | 18 - 20 |
| [BGU61029] Einführung in die Satellitennavigation und Orbitmechanik Introduction to Satellite Navigation and Orbit Mechanics | 21 - 23 |
| [BGU45041] Wissenschaftliches Arbeiten in Earth Oriented Space Science and Technology Scientific Working in Earth Oriented Space Science and Technology | 24 - 26 |
| [BGU45040] Angewandte Erdbeobachtung Applied Earth observation | 27 - 29 |
| [BGU61033] Satellitennavigation und vertiefte Himmelsmechanik Satellite Navigation and Advanced Orbit Mechanics | 30 - 32 |
| [BGU31007] Schätztheorie und Maschinelles Lernen Estimation Theory and Machine Learning | 33 - 35 |
| [BGU45042] Satelliten Boden- und Raumsegment Betrieb Ground and Space Segment Control | 36 - 38 |
| [MW2412] Raumfahrzeugtechnik 1 (ESPACE) Spacecraft Technology 1 (ESPACE) [RFT 1 (ESPACE)] | 39 - 40 |
| Module 3. Semester Modules 3. Semester | 41 |
| Vertiefungsrichtungen Specialization Subjects | 41 |
| Vertiefungsrichtung 1: Earth System Science Specialization Subject 1: Earth System Science | 41 |
| [BGU45038] Atmosphäre und Ozean Atmosphere and Ocean | 41 - 44 |
| [BGU45039] Erdbeobachtungssatelliten Earth Observation Satellites | 45 - 47 |
| [BGU57019] Geokinematik und kontinentale Hydrologie Geokinematics and Continental Hydrology | 48 - 50 |
| [MW2413] Raumfahrzeugtechnik 2 (ESPACE) Spacecraft Technology 2 (ESPACE) [RFT 2 (ESPACE)] | 51 - 53 |
| Vertiefungsrichtung 2: Remote Sensing Specialization Subject 2: Remote Sensing | 54 |
| [BGU30062] Geoinformation Geoinformation [Geoinformation] | 54 - 55 |

| | |
|--|-----------|
| [BGU48035] PSC - Photogrammetrie - Ausgewählte Kapitel PSC - Photogrammetry - Selected Chapters [PSC] | 56 - 57 |
| [BGU69002] Fernerkundung - Vertiefte Methoden Remote Sensing - Advanced Methods | 58 - 60 |
| [MW2413] Raumfahrzeugtechnik 2 (ESPACE) Spacecraft Technology 2 (ESPACE) [RFT 2 (ESPACE)] | 61 - 63 |
| Vertiefungsrichtung 3: Navigation Specialization Subject 3: Navigation | 64 |
| [BGU61031] Vertiefte Aspekte der Navigationstechnologie Advanced Aspects of Navigation Technology | 64 - 66 |
| [BGU61032] Praktikum Navigation Navigation Labs | 67 - 68 |
| [BGU61034] Präzise Nutzung von GNSS Precise GNSS | 69 - 71 |
| [MW2413] Raumfahrzeugtechnik 2 (ESPACE) Spacecraft Technology 2 (ESPACE) [RFT 2 (ESPACE)] | 72 - 74 |
| Wahlmodule Elective Modules | 75 |
| Genehmigte individuelle Wahlmodule aus TUM / LMU Approved Personalized Elective Modules of TUM/LMU | 75 |
| [BGUWAHL1] TUM Wahlmodul TUM Elective Module | 75 - 76 |
| [BGU900010] Partneruniversität - Wahlmodul Partner University - Elective Module | 77 - 78 |
| [BGU40064] Wissenschaftliches Schreiben - Theorie und Praxis Scientific Paper Writing - Theory and Practice | 79 - 80 |
| [BGU45025] Ausgewählte Kapitel der physikalischen Geodäsie Selected Topics of Physical Geodesy | 81 - 83 |
| [BGU57013] Realisierung und Anwendungen globaler geodätischer Referenzsysteme Realization and Application of Global Geodetic Reference Systems | 84 - 86 |
| [BGU67003] Prozessanalyse, Modellierung und Vorbeugung/ Schutzmaßnahmen für Alpine Naturgefahren Process analysis, Modelling and Mitigation of Alpine Hazards [W-13] | 87 - 90 |
| [BV300002] Geostatistik und Geomarketing Geostatistics and Geomarketing | 91 - 92 |
| [BV450022] Fachübergreifendes Projekt Interdisciplinary Project | 93 - 95 |
| [BV450023] Fachübergreifendes Projekt Interdisciplinary Project | 96 - 98 |
| [BV610018] Navigation mit INS und GNSS Navigation with INS and GNSS | 99 - 101 |
| [ED110027] Geosensornetzwerke und das Internet der Dinge Geo Sensor Networks and the Internet of Things | 102 - 104 |
| [ED110102] Entwurf von Radarsystemen Radar Systems Design [RSD] | 105 - 106 |
| [ED110105] Spacecraft Design - Grundlagen Spacecraft Design - Fundamentals [SCD-F] | 107 - 109 |
| [ED110106] Systems Engineering - Grundlagen Systems Engineering - Fundamentals [SE-F] | 110 - 112 |

| | |
|--|-----------|
| [EI71018] Machine Learning for Communications Machine Learning for Communications | 113 - 114 |
| [EI71026] Robot and Swarm Navigation Robot and Swarm Navigation [RSNAV] | 115 - 116 |
| [EI7342] Inertial Navigation Inertial Navigation | 117 - 118 |
| [EI7772] Seminar Environmental Sensing Seminar Environmental Sensing | 119 - 120 |
| [IN2323] Machine Learning for Graphs and Sequential Data Machine Learning for Graphs and Sequential Data | 121 - 123 |
| [IN2346] Introduction to Deep Learning Introduction to Deep Learning | 124 - 125 |
| [IN2357] Machine Learning for Computer Vision Machine Learning for Computer Vision | 126 - 127 |
| [IN3200] Ausgewählte Themen aus dem Bereich Computergrafik und -vision Selected Topics in Computer Graphics and Vision | 128 - 129 |
| [LRG4800] Verarbeitung von Punktwolken Point Cloud Processing [PCP] | 130 - 132 |
| [MA8113] TUM Data Innovation Lab TUM Data Innovation Lab [TUM-DI-LAB] | 133 - 135 |
| [MW0141] Model Based Systems Engineering Model Based Systems Engineering | 136 - 137 |
| [MW0259] Praktikum Systems Engineering Practical Course Systems Engineering | 138 - 139 |
| [MW2155] Bemannte Raumfahrt Human Spaceflight | 140 - 142 |
| [PH2058] Einführung in die Astrophysik Introduction to Astro Physics | 143 - 144 |
| [PH2090] Rechnergestützte Physik 2 Computational Physics 2 | 145 - 146 |
| [PH2101] Signalverarbeitung mit FPGAs für Detektoren FPGA based detector signal processing | 147 - 148 |
| [BGU30062] Geoinformation Geoinformation [Geoinformation] | 149 - 150 |
| [BGU45026] Seminar Design von Erdbeobachtungsmissionen Earth Observation Mission Design Seminar | 151 - 153 |
| [BGU45027] Seminar Entwicklung von Erdbeobachtungsmissionen Earth Observation Mission Development Seminar | 154 - 156 |
| [BGU45038] Atmosphäre und Ozean Atmosphere and Ocean | 157 - 160 |
| [BGU45039] Erdbeobachtungssatelliten Earth Observation Satellites | 161 - 163 |
| [BGU48035] PSC - Photogrammetrie - Ausgewählte Kapitel PSC - Photogrammetry - Selected Chapters [PSC] | 164 - 165 |
| [BGU57014] Hydrogeodäsie: Monitoring von Oberflächengewässern aus dem Weltraum Hydrogeodesy: Monitoring surface waters from space | 166 - 168 |
| [BGU57019] Geokinematik und kontinentale Hydrologie Geokinematics and Continental Hydrology | 169 - 171 |
| [BGU61031] Vertiefte Aspekte der Navigationstechnologie Advanced Aspects of Navigation Technology | 172 - 173 |

| | |
|--|-----------|
| [BGU61032] Praktikum Navigation Navigation Labs | 174 - 175 |
| [BGU61034] Präzise Nutzung von GNSS Precise GNSS | 176 - 178 |
| [BGU69002] Fernerkundung - Vertiefte Methoden Remote Sensing - Advanced Methods | 179 - 181 |
| [BV400016] Selbständig wissenschaftlich Arbeiten Scientific Paper Writing | 182 - 183 |
| [BV610016] Geodätische Astronomie Geodetic Astronomy | 184 - 185 |
| [ED110011] Erdsystemmodellierung Earth System Modelling | 186 - 188 |
| [ED110014] Klimasignaturen in der Hydrosphäre Climate Signatures in the Hydrosphere | 189 - 191 |
| [ED110040] Principles of Programming Principles of Programming [Programming] | 192 - 193 |
| [ED110049] Geografische Textanalyse Geographic text analysis [GTA] | 194 - 195 |
| [ED110050] Precise GNSS Satellite Orbit Determination and Time Synchronization Precise GNSS Satellite Orbit Determination and Time Synchronization | 196 - 198 |
| [ED110064] Erdsystemdynamik in Modellen und Beobachtungen Earth System Dynamics in Models and Observations | 199 - 201 |
| [ED110065] Maschinelles Lernen in der Erdsystemmodellierung Machine Learning in Earth System Modelling | 202 - 203 |
| [ED110066] Kipppunkte in der Dynamik des Erdsystems Tipping Points in Earth System Dynamics | 204 - 205 |
| [ED110068] Modellierung und Maschinelles Lernen von dynamischen Systemen in Julia Modelling and Machine Learning of Dynamical Systems in Julia | 206 - 207 |
| [ED110068] Wissenschaftliches Programmieren und Dynamische Modellierung in Julia Scientific Programming and Dynamical Modelling in Julia | 208 - 209 |
| [ED110070] Astronomie Seminar Astronomy Seminar | 210 - 211 |
| [ED110087] Datenwissenschaft in der Erdbeobachtung Data Science in Earth Observation | 212 - 214 |
| [ED110088] Mathematik der Klima- und Erdsystemwissenschaften Mathematics of Climate and Earth System Science | 215 - 216 |
| [ED110089] Kausale Inferenz im Klima- und Erdsystem Causal Inference in the Climate and Earth System | 217 - 219 |
| [ED110103] GIS mit freiwillig erhobenen geographischen Informationen GIS with Volunteered Geographic Information | 220 - 221 |
| [ED110108] Space Exploration Space Exploration | 222 - 223 |
| [ED110116] Ansätze der theoretischen Physik in den Klima- und Erdsystemwissenschaften Theoretical Physics approaches in climate and Earth system science | 224 - 225 |

| | |
|--|-----------|
| [ED110118] Softwaredefinierter GNSS-Empfänger Software-defined GNSS receiver | 226 - 227 |
| [ED110126] Seminar ML4Earth: Machine Learning for Earth Observation and Modeling Seminar ML4Earth: Machine Learning for Earth Observation and Modeling [SemML4Earth] | 228 - 229 |
| [ED110127] Intercultural Science Communication and Ethics in Science Intercultural Science Communication and Ethics in Science [IntSciCom] | 230 - 232 |
| [ED110128] System Earth from Space - an Introduction to the Interpretation of Remote Sensing Data System Earth from Space - an Introduction to the Interpretation of Remote Sensing Data [SysEarth] | 233 - 234 |
| [EI0432] Satellite Navigation Satellite Navigation | 235 - 237 |
| [EI5028] Satellite Navigation Laboratory Satellite Navigation Laboratory [SatNavLab] | 238 - 239 |
| [EI5060] Satellite Communications Lab | 240 - 241 |
| [EI7342] Inertial Navigation Inertial Navigation | 242 - 243 |
| [EI73761] Radar Signals and Systems Radar Signals and Systems | 244 - 247 |
| [EI7620] Terrestrial Navigation Terrestrial Navigation | 248 - 249 |
| [EI7648] Raumfahrt elektronik für Sensorsysteme Space Electronics for Sensor Systems | 250 - 252 |
| [IN2064] Machine Learning Machine Learning | 253 - 254 |
| [LRG1500] Prinzipien räumlichen Data Minings und maschinellen Lernens Principles of Spatial Data Mining and Machine Learning [SDML] | 255 - 256 |
| [LRG1501] Ausgewählte Themen in Big Geospatial Data Selected Topics in Big Geospatial Data [STBGD] | 257 - 258 |
| [LRG5400] Inverse Probleme in der Theorie des Strahlungstransports Inverse Problems in Radiative Transfer Theory [IPST] | 259 - 260 |
| [MW0229] Satellitenentwurf Satellite Design Workshop | 261 - 262 |
| [MW1790] Asteroiden auf erdnahen Bahnen Near Earth Objects (NEOs) | 263 - 264 |
| [MW2079] Weltraumthermalsimulation Thermal Space Simulation | 265 - 266 |
| Masterarbeit Master's Thesis | 267 |
| [BGUMTES19] Master's Thesis Master's Thesis | 267 - 269 |

Module 1. - 2. Semester | Modules 1. - 2. Semester**Modulbeschreibung****BGU45037: Einführung in die Erdsystemforschung | Introduction to Earth System Science**

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 90 | Präsenzstunden: 60 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

The expected learning outcomes are verified with a written exam of 120 min duration, which might also contain short mathematical problems to be solved. In the written exam, the students verify, by answering theoretical and numerical questions, that they are able to understand the basic components of system Earth and its main geodynamic processes in the Earth interior, at the surface, and the global energy budget. A written exam is required in order to check if students are able to apply the Earth system concepts to practical problems as well as to perform corresponding numerical analyses. By means of numerical tasks and problems, it is verified that students are able to apply the mathematical and physical concepts for the solution of practical problems. By means of selected tasks, the students are able to interpret geophysical, geodetic and geodynamical results and to put them into the scope of geoscientific concepts.

Note in view of the limitations on university operations as a result of the CoViD19 pandemic: If the basic conditions (hygiene, physical distance rules, etc.) for a classroom-based examination cannot be met, the planned form of examination can be changed to a written or oral online examination in accordance with §13a APSO. The decision about this change will be announced as soon as possible, but at least 14 days before the date of the examination by the examiner after consultation with the board of examiners of the respective study program.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Knowledge of fundamentals in mathematical physics, linear algebra, time series analysis.

Inhalt:

The module consists of one lecture "Introduction to Earth System Science". It is split up into two main topics: part A "Outer System" and part B "Inner System" and is connecting earth's interior and earth's surface up to Earth's orbits.

Part A: Outer System:

- components of the Earth System (atmosphere, ocean, cryosphere, solid Earth),
- electromagnetic radiation and matter,
- solar radiation and the Earth system,
- radiation balance, greenhouse effect,
- spatial and temporal variations, astronomical rhythms (day/night, seasons, Milankovitch cycle),
- atmospheric circulation,
- oceans
- continental hydrology
- cryosphere
- the role of satellites (active and passive sensors)

Part B: Inner System:

- dynamics of the earth interior,
- heat exchange,
- mantle convection,
- analysis of seismic wave propagation,
- potential fields: magnetic field, gravity field;
- measuring solid Earth processes with satellites (GPS, gravimetry, magnetometry, topography)
- interaction of inner and outer part of the earth system

Lernergebnisse:

Upon successful completion of the module, students are able

- to understand the fundamental principles of the complex Earth system, its main geodynamic processes in the interior and on the surface, as well as their coupling mechanisms,
- to understand the global energy budget,
- to understand the role of satellite observations for the monitoring of geodynamic processes in the Earth system,
- to work with observations, data and models of selected components of the Earth system,
- to apply the mathematical and physical concepts concerning selected components of the Earth system,
- to analyze the results of these data and models,
- to understand these scientific contributions as integral component of geodetic Earth system research,
- to communicate on a scientific level with experts of different geoscientific disciplines.

Lehr- und Lernmethoden:

The contents of the lectures are communicated by oral presentations or calculations at the blackboard, including interactive discussions with the students.

Medienform:

- Blackboard
- Lecture notes
- Presentations in electronic form

Literatur:

- Kandel, Robert S. (1980): Earth and Cosmos. A Book Relating the Environment of Man on Earth to the Environment of Earth in the Cosmos. Burlington: Elsevier Scienc
- Grotzinger, John; Jordan, Thomas H.; Press, Frank; Siever, Raymond (2007): Understanding earth. 5. ed. New York: Freeman
- Lowrie, William (2006): Fundamentals of geophysics. 7. print. Cambridge: Cambridge Univ. Press

Modulverantwortliche(r):

Roland Pail

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Introduction to Earth System Science (Vorlesung, 4 SWS)

Pail R [L], Pail R, Schuberth B, Abrykosov P

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

BGU57018: Numerische Modellierung | Numerical Modeling

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 90 | Präsenzstunden: 60 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

The expected learning outcomes are verified within a written exam of 120 min duration. In the written exam the students should demonstrate that they are able to apply the mathematical methods presented in Numerical Modelling and to perform the required calculations under time pressure. Also they have to demonstrate that they are able to analyze the accuracy of solutions and error budgets in a limited time. A written exam is required in order to check if the students are able to apply the presented mathematical procedures to practical problems of geophysical and satellite data analysis as well as to perform numerical analyses. In addition, voluntary course work in form of ca. 3-5 exercises for selected topics is recommended as a midterm assignment. The midterm assignment is passed if at least 60% of the tasks are answered successfully. In this case, the grading can be improved by 0.3 (provided that the original grading is better or equal to 4.0). The work is usually started during supervised labs and finalized in groups as homework. Hereby the students should demonstrate that they are able to apply the mathematical methods and solve specific mathematical problems in a programming environment such as Matlab. In addition to the application and implementation, the students shall demonstrate that they can interpret the results and verify their plausibility.

Note in view of the limitations on university operations as a result of the CoViD19 pandemic: If the basic conditions (hygiene, physical distance rules, etc.) for a classroom-based examination cannot be met, the planned form of examination can be changed to a written or oral online examination in accordance with §13a APSO. The decision about this change will be announced as soon as possible, but at least 14 days before the date of the examination by the examiner after consultation with the board of examiners of the respective study program.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Inhalt:

Lernergebnisse:

Lehr- und Lernmethoden:

Medienform:

Literatur:

Modulverantwortliche(r):

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Labs in Numerical Modeling (Übung, 1 SWS)

Schmidt M [L], Schmidt M

Numerical Modeling (Vorlesung, 3 SWS)

Schmidt M [L], Schmidt M

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

BGU48036: Einführung in die Photogrammetrie, Fernerkundung und Digitale Bildverarbeitung | Introduction to Photogrammetry, Remote Sensing and Digital Image Processing [PRE/IPE]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 75 | Präsenzstunden: 75 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

The written exam takes 120 minutes. Answering questions, it is checked whether the students are able to analyze and group different applications in Photogrammetry and Remote Sensing, whether they understand the concepts of photogrammetric image analysis, whether they remember the foundations of electromagnetic radiation, whether they know the concepts of classification in Remote Sensing data and whether they can evaluate the quality of such classifications as well as the quality of recorded images and the resulting products and 3d reconstructions. Using sketches, it is checked, whether the students understand the principles of single image recordings, whether they understand the stereoscopic measurement and classification methods. It is checked, whether the students are able to process digital images and generate fundamental image statistics, calculate correlations and perform segmentation techniques. It is checked, whether the students understand the basic concepts of image convolution or whether they can evaluate different filter masks and their results. The exam contains questions on basic principles of binary image processing, vectorization, and feature extraction. Questions contain drawing and explaining figures, answering questions on methods and solutions, calculations or comparisons of methods and their applicability. Additionally, multiple-choice-questions are included with statements that have to be evaluated as true or false. This part does not contain more than 20% of the total points. No aids or materials are allowed.

Additionally voluntary course work in the form of 4 - 6 exercises including work reports for selected topics is recommended as a midterm assignment. The midterm assignment is passed if as a minimum of 75 % of the tasks have been answered successfully. In this case, the grading can be improved by 0,3 (provided that the original grading is lower or equal 4,0). These exercises contain programming and documenting solutions for practical problems. As programming and documentation quality cannot be checked in an examination, this part is done as study work.

Note in view of the limitations on university operations as a result of the CoViD19 pandemic: If the basic conditions (hygiene, physical distance rules, etc.) for a classroom-based examination cannot be met, the planned form of examination can be changed to a written or oral online examination in accordance with §13a APSO. The decision about this change will be announced as soon as possible, but at least 14 days before the date of the examination by the examiner after consultation with the board of examiners of the respective study program.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

none

Inhalt:

Introduction: Definition Photogrammetry and Remote Sensing

- Characteristics of Photogrammetry, applications and development
- Characteristics of Remote Sensing, applications and development
- Introduction the Photogrammetry: stereoscopic vision and measurement, photogrammetric image analysis, digital stereo processing
- Introduction to Remote Sensing: Radiometric basics, multispectral classification
- Optical basics: models and geometric quality of optical projections, description of image quality
- Introduction to Image Processing
- Features of digital images
- Image transformation, convolution, edge detection
- Segmentation
- Binary image processing
- Vectorization and geometric primitives
- Feature extraction

Lernergebnisse:

Participants are capable to:

- Analyse applications from different points of view
- Planning aerial image campaigns
- Understand the principles of stereoscopic records
- Evaluate stereo records and produce anaglyphe images
- Understand concepts of photogrammetric image analysis
- Remember the physical basics of the electromagnetic spectrum and radiometric basics
- Understand the principles of supervised and unsupervised classification
- Apply different classifiers and evaluate the classification results
- Evaluate the influence of different factors on the image quality
- evaluate characteristic features of images,
- Apply different image transformations,
- analyze images by segmenetation and feature extraction
- analyse binary images and to assess results

- compare image processing operations

Lehr- und Lernmethoden:

The module consists of two lectures and an exercise. The content of the lectures is presented using slides, lecture notes, presentations and board. Applications and discussions activate the students to understand the contents. Important parts of the lectures are deepened in the exercise where students solve practical problems in Image Processing by mathematical calculations as well as small programming tasks. Additionally, exercises on application in Photogrammetry and Remote Sensing are offered to transfer the theoretical knowledge to practical applications.

Medienform:

- presentations in electronic form
- Slides, lecture notes, handout
- exercise sheets
- panel

Literatur:

- Albertz J, Wiggenhagen M (2008) Taschenbuch zur Photogrammetrie und Fernerkundung. Heidelberg: Wichmann
- Kraus K (2003) Photogrammetrie Band 1: Geometrische Informationen aus Photographien und Laserscanner-aufnahmen. Berlin: deGruyter
- Albertz J (2001) Grundlagen der Interpretation von Luft- und Satellitenbildern. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft
- Haralick, Shapiro (1992): Computer and Robot Vision (Vol. 1). Addison-Wesley, New York.
- Castleman (1995): Digital Image Processing. Prentice Hall, Englewood Cliff, New Jersey.

Modulverantwortliche(r):

Uwe Stilla

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

IPE - Image Processing (Vorlesung, 2 SWS)
Guo J [L], Doda S, Guo J

PRE-T - Übungen zur Photogrammetrie, Fernerkundung und Digitalen Bildverarbeitung (Übung, 1 SWS)

Wysocki O (Biswanath M)

PRE - Photogrammetry and Remote Sensing (Vorlesung, 2 SWS)

Wysocki O [L], Anders K

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

BGU31006: Signalverarbeitung und Mikrowellenfernerkundung | Signal Processing and Microwave Remote Sensing

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 90 | Präsenzstunden: 60 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

The expected learning outcome is verified by a written exam, which takes 75 minutes. A written exam is required in order to check if students are able to apply the main mathematical methods and algorithms of signal processing as well as the methods of system theory and do the required calculations under time pressure. By doing the calculations they verify that they have understood the concepts of system theory and signal processing and the relation between space/time and frequency domain. The exam also contains theoretical questions related to the methods and applications of synthetic aperture radar (SAR) and by answering those the student verify that they are able to explain the main concepts behind SAR.

Note in view of the limitations on university operations as a result of the CoViD19 pandemic: If the basic conditions (hygiene, physical distance rules, etc.) for a classroom-based examination cannot be met, the planned form of examination can be changed to a written or oral online examination in accordance with §13a APSO. The decision about this change will be announced as soon as possible, but at least 14 days before the date of the examination by the examiner after consultation with the board of examiners of the respective study program.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Complex calculus, linear algebra, integrals, MATLAB programming skills are helpful.

Inhalt:

Basics and advanced skills in the field of

- application of complex numbers in signal processing
- signals in time, space, and frequency domain (continuous and discrete)

- convolution of signals
- linear time-invariant systems
- random signals, signal reconstruction, and interpolation
- microwave remote sensing and synthetic aperture radar

Lernergebnisse:

After the successful conclusion of the module, the students are able

- to evaluate the applied mathematical models and algorithms
- to explain advanced theoretical basics of system theory and signal processing
- to analyze the potential of system theory and signal processing by different practice examples
- to evaluate the relation between space/time domain and frequency domain
- to apply methods of signal processing to basic datasets
- to explain basic methods and applications of synthetic aperture radar

Lehr- und Lernmethoden:

The module consists of one lecture and one lecture with integrated exercises. The contents of the lectures are taught by talks, presentations, and panel painting. Practical examples and discussions encourage the students to devote themselves to topical contents. The understanding of lecture theory is supported by theoretical exercises and programming exercises.

Medienform:

- presentations in electronic form
- handout
- exercise sheets
- panel

Literatur:

- Bracewell, RN, The Fourier Transform and its Applications, McGraw Hill, New York, 1965
- Marko H, Methoden der Systemtheorie, Springer, 1982
- Hänslér E, Statistische Signale, Springer, 1997
- Gaskill JD, Linear Systems, Fourier Transforms, and Optics, John Wiley & Sons, 1976

Modulverantwortliche(r):

Marco Körner

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Systems Theory and Signal Processing (Vorlesung mit integrierten Übungen, 3 SWS)

Bamler R [L], Bamler R

Introduction into Microwave and SAR Remote Sensing (Vorlesung, 1 SWS)

Eineder M

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

BGU61030: Angewandte Computerwissenschaften | Applied Computer Science

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 90 | Präsenzstunden: 60 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

The expected learning outcomes are verified by a written exam of 90 min duration. A written exam is required in order to verify that the students are able to know the theoretical and practical basics in computer science, and that they are able to use the respective terminology. Based on dedicated practical questions, it is verified that the students are able to analyze practical problems and that they are able to find appropriate solutions.

Note in view of the limitations on university operations as a result of the CoViD19 pandemic: If the basic conditions (hygiene, physical distance rules, etc.) for a classroom-based examination cannot be met, the planned form of examination can be changed to a written or oral online examination in accordance with §13a APSO. The decision about this change will be announced as soon as possible, but at least 14 days before the date of the examination by the examiner after consultation with the board of examiners of the respective study program.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Basic knowledge in programming or computer science is recommended

Inhalt:

The module focuses on technical computing concepts for scientific projects. It transfers knowledge, terminology, and theories of applied computer science for interdisciplinary IT topics to work in interdisciplinary teams. The students learn basics in software engineering and design, communication and data processing for research and technology developments. Dealing with microcontrollers for Internet of the Things and distributed systems require knowledge of binary logic, state machines, language theory, binary and ASCII- data formats, numerical aspects, and

basics in internet security in combination with practical programming tasks. The goal of this module is to bring the students coming from a range of different Bachelor studies to the same level of knowledge concerning software engineering skills.

Lernergebnisse:

After the successful conclusion of the module, the students are able to

- to understand the theoretical backgrounds of different computer science disciplines in combination with scientific tasks on the example of the Geodetic Observatory Wettzell
- organize scientific software projects,
- practice software engineering,
- understand software development processes,
- to apply and create state machines, e.g. for lexical processing tasks to read formatted files and other control problems,
- to process binary data (e.g. with Matlab-program).
- to process specific file formats relevant for scientific projects
- to understand the challenges of modern intelligent, distributed (mobile) systems of the Internet of the Things (Industry 4.0)
- know basics of internet security
- work as mediator between IT engineers and other disciplines in teams

Lehr- und Lernmethoden:

The module consists of a lecture and an exercise. The contents of the lectures are communicated by oral presentations and drawings on the blackboard, including interactive discussions with the students. Important parts of the lectures are deepened in the exercises where students get feedback on their solution of practical problems which cover mathematical calculations as well as programming tasks.

Medienform:

The theory part consists of Powerpoint presentations, which are also provided to the students. The slides are extended with white board notes and exercise sheets with solutions for the private studies. The practical part offers code snippets and examples.

Literatur:

Lecture Notes,

Neidhardt A.: Applied Computer Science for GGOS Observatories. Communication, Coordination and Automation of Future Geodetic Infrastructures. Springer Textbooks in Earth Sciences, Geography and Environment 2017

Modulverantwortliche(r):

Prof. Dr. phil. nat. Urs Hugentobler Dr. rer. nat. habil. Alexander Neidhardt

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Übungen Angewandte Computerwissenschaften (Übung, 1 SWS)

Neidhardt A

Angewandte Computerwissenschaften (Vorlesung, 3 SWS)

Neidhardt A [L], Gruber T, Neidhardt A

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

BGU61029: Einführung in die Satellitennavigation und Orbitmechanik | Introduction to Satellite Navigation and Orbit Mechanics

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 90 | Präsenzstunden: 60 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

The expected learning outcomes are verified by a written exam of 120 min duration. The form of a written exam is required in order to verify that the students are able to reproduce and to understand the fundamentals of satellite navigation and theoretical and methodological basics of orbit dynamics. By means of dedicated analytical and numerical questions and tasks, it is verified that students are able to apply the mathematical and physical concepts of satellite navigation and orbit dynamics for the solution of practical problems, and that they are able to interpret and assess the results. In addition, the competence to solve daily-work practical and numerical problems is supported by voluntary course work in the form of 5-6 exercise reports for selected topics of satellite navigation and orbit dynamics, which is recommended as a midterm assignment. The midterm assignment is passed if as a minimum 60% of the tasks have been answered successfully. In this case, the grading can be improved by 0,3 (provided that the original grading is lower or equal 4,0). These numerical problems should be implemented in a programming environment such as Matlab. Hence it is ensured that the students have gained the programming skills, that they are able to apply them for the implementation of the main applications of satellite navigation and orbit mechanics, and that they are able to assess and interpret the results. Time to work on the exercises is foreseen during the contact hours.

Note in view of the limitations on university operations as a result of the CoViD19 pandemic: If the basic conditions (hygiene, physical distance rules, etc.) for a classroom-based examination cannot be met, the planned form of examination can be changed to a written or oral online examination in accordance with §13a APSO. The decision about this change will be announced as soon as possible, but at least 14 days before the date of the examination by the examiner after consultation with the board of examiners of the respective study program.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

None

Inhalt:

The module covers basics of satellite navigation as well as orbit mechanics required to understand satellite orbits. It consists of a lecture and a lecture with integrated exercises. Optional tutor hours support the students in deepening their understanding.

Introduction to Satellite Navigation:

- Principles of satellite navigation
- Space segment and ground segment
- Code and phase observations
- Observation equations
- Differences and linear combinations
- Troposphere and ionosphere
- Ambiguity resolution
- Analysis strategies

Lecture Orbit Mechanics:

- Reference systems in space and time
- Two-body problem and Keplerian motion
- Orbit representations, Keplerian elements, groundtracks, repeat orbits
- Orbit perturbations, osculating elements, Gaussian perturbation equations, types of perturbations
- Gravitational perturbations by third bodies and Earth's gravity field
- Orbits of navigation satellites
- Special orbit types: geostationary, sun-synchronous, critical inclination, frozen orbits

Labs with Matlab:

- Representation of orbits in different frames
- Ephemeris calculation
- Transformation between inertial, earth-fixed and topocentric reference frame

Lernergebnisse:

After the successful conclusion of the module, the students are able

- to understand the concept and algorithms of satellite navigation and precise positioning,
- to apply them to practical problems of satellite navigation and precise positioning,
- to remember the observation equations,
- to assess the impact of error sources on signal propagation,
- to compute linear combinations and evaluate tracking data quality.
- to understand the basics of satellite motion and Celestial Mechanics,
- to apply the basic concepts and methods for orbit computation and for the conversion between reference frames,
- to understand the concept of orbit perturbations,
- to assess the magnitude of different perturbations on satellite orbits at different heights,
- to analyze and to assess the properties of special orbits and to understand their use for specific applications,
- to understand the concept of ground track repeatability and its relevance in practise

Lehr- und Lernmethoden:

The module consists of a lecture and a lecture with integrated exercises. The lecture is given using slides and calculations are derived at the blackboard in interaction with the students.

Numerical exercises on the topics covered by the lecture are performed using MATLAB and a planetarium simulator in the scope of the voluntary tasks that are interleaved within themselves. A tutor is available on demand to support the students in performing their assignments and in the use of MATLAB. The tutor also provides feedback on the submitted reports.

Medienform:

Presentations, blackboard, lecture notes in electronical form, handouts for exercises

Literatur:

- Lecture notes
- Montenbruck and Gill (2000): Satellite Orbits, Springer
- Beutler (2005): Methods of Celestial Mechanics, Springer
- Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., Waskle, E. (2008): GNSS - Global Navigation Satellite Systems, ISBN: 978-3-211-73012-6, Springer Verlag
- Misra and Enge (2004): Global Positioning System: Signals, Measurements, and Performance, Ganga-Jamuna Press.
- Teunissen and Kleusberg (1998): GPS for Geodesy, Springer

Modulverantwortliche(r):

Prof. Dr. phil. nat. Urs Hugentobler

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Einführung in die Satellitennavigation (Vorlesung, 2 SWS)

Hugentobler U [L], Hugentobler U

Orbitmechanik (Vorlesung mit integrierten Übungen, 2 SWS)

Hugentobler U [L], Hugentobler U

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

BGU45041: Wissenschaftliches Arbeiten in Earth Oriented Space Science and Technology | Scientific Working in Earth Oriented Space Science and Technology

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Sommersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 75 | Präsenzstunden: 75 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

The learning outcomes of this module are examined within a research paper. The research paper consists of a written assignment and a presentation for the purpose of assessing the student's communication competency in presenting scientific content to an audience. The written part and the presentation are equally weighted.

The research paper will cover a theme from scientific data processing/data analysis by means of examples from the topic of radiative transfer. It will be based on own practical work of the students and will cover 20 to 30 pages. Complementing the written part, the students choose, work out and present a topic that is thematically related to the research paper. The presentations, with a duration of 20 min, are spread over the lecture period, and shall foster the competence to present a scientific topic to a larger audience. During the preparation of their presentation, students are guided by a supervisor who provides information material (in the form of scientific articles, books, slides, etc.) and gives feedback.

Aktueller Hinweis angesichts des eingeschränkten Präsenzbetriebs auf Grund der CoViD19-Pandemie: Sofern die Rahmenbedingungen (Hygiene-, Abstandsregeln etc.) für eine Präsenzprüfung nicht vorliegen, kann gemäß §13a APSO die geplante Prüfungsform auf eine online-gestützte schriftliche oder mündliche Fernprüfung umgestellt werden. Die Entscheidung über diesen Wechsel wird möglichst zeitnah, spätestens jedoch 14 Tage vor dem Prüfungstermin durch die Prüfungsperson nach Abstimmung mit dem zuständigen Prüfungsausschuss bekannt gegeben.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Basic mathematical and physical knowledge is expected.

In addition, the successful participation in the following modules from the first semester ESPACE is recommended:

- Introduction to Satellite Navigation and Orbit Mechanics (BGU61029)
- Introduction to Earth system science (BGU45037)

Inhalt:

The theoretical foundations of the research paper are presented in the lecture "Mie Theory and Radiative Transfer". They cover:

1. Mathematical background: scalar and vector fields; line and surface integrals; nabla operator; differential relationships for vector fields; irrotational and solenoidal fields; Gauss and Stokes theorems.
2. Electrostatic: Coulomb's law; the electrostatic field; divergence and curl of the electrostatic field. Magnetostatic: Ampere's law; the magnetostatic field; divergence and curl of the magnetostatic field.
3. Poisson and Laplace equations. Overview of the finite element method.
4. Electrodynamics: equation of continuity for the electric charge; Maxwell's displacement current; electromotive force; Faraday's law of induction; Maxwell's microscopic and macroscopic equations.
5. Electromagnetic waves: wave equation in time and frequency domains; plane and spherical waves; observables and averages.
6. Electromagnetic scattering theory: Stratton-Chu representation theorem; far-field pattern and amplitude matrix; phase and extinction matrices; extinction, scattering and absorption cross-sections; optical theorem; reciprocity principle.
7. Mie theory: vector wave equation; vector spherical wave functions, solution of the transmission boundary-value problem; computation of the far-field pattern, optical cross-sections and phase function in the framework of the Mie theory.
8. Derivation of the radiative transfer equation starting from Maxwell's equations.
9. Radiance rotation effect. Isotropization of the transmission function

The last four lectures of Mie Theory and Radiative Transfer are devoted to practical aspects and consist in the elaboration project work. Computations will be performed by using a dedicated computer code for radiative transfer calculation. Great importance is attached to the synthesis abilities of the theoretical part and the interpretation of the numerical results. The strategy and results of the computations are presented by the students in their research papers.

Seminar "ESPACE Seminar":

Each student prepares and gives an oral presentation of 20 minutes length on an up-to-date scientific topic from Earth Oriented Space Science and Technology. The presentations are spread over the lecture period. During the preparation of their presentation the students are guided by a supervisor who provides relevant information material (in the form of scientific articles, books, slides, etc.) and gives feedback during the preparation. The presentations are followed by a discussion of the topic in which all participants are encouraged to participate.

Lernergebnisse:

After the successful completion of the module, the students have gained the scientific soft-skill competencies to:

- work independently on solving complex scholarly problems, using the scientific methods of Earth Oriented Space Science and Technology.
- demonstrate their ability to solve scientific problems by means of examples from the topic of electromagnetic scattering/radiative transfer, and to prepare and present the approaches and outcomes in a scientific paper
- to apply the methods for literature research for a selected topic associated with ESPACE;
- to analyze the collected material;
- to develop from it a logically structured presentation;
- to present it to an audience;
- to assess questions from the audience in a public discussion;
- to publicly defend the contents of the scientific presentation.

Lehr- und Lernmethoden:

Lecture: The contents of the lectures are communicated by oral presentations or calculations at the blackboard, including interactive discussions with the students.

Seminar: The participants prepare under guidance of a supervisor a selected topic from the scientific literature. They present their results in an oral presentation including a discussion. The supervisor assists in scientific questions on the presentation topic. After the presentation, the presenters immediately receive feedback from the supervisor.

Medienform:

- board content
- presentations in electronic form or as handouts
- Lecture notes
- Topic-related publications and book chapters

Literatur:

- Albuquerque, Ulysses Paulino de (2015): Speaking in public about science. A quick guide for the preparation of good lectures, seminars, and scientific presentations. Cham: Springer
- Bohren, Craig F. (.; Huffman, Donald R. (2013): Absorption and scattering of light by small particles. New York: Wiley
- van de Hulst, Hendrik C. (ca. 2009): Light scattering by small particles. [Nachdr.]. New York, NY: Dover (Dover classics of science and mathematics)"

Modulverantwortliche(r):

Roland Pail

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

BGU45040: Angewandte Erdbeobachtung | Applied Earth observation

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Sommersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 90 | Präsenzstunden: 60 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

The expected learning outcome is verified with a parcours examination. The parcours examination is composed by a written exam of 60 min. duration and a seminar presentation of 30 min. by the project teams, where the results of the practical work are shown. The elements of the parcours examination takes places on the same day. In the written exam the theoretical fundament of remote sensing applications are assessed, while in the seminar presentation the practical implementation of an Earth observation application using satellite data are evaluated. For the written exam no learning aids are used. The final module grade is computed by equal weighting the grades of both elements of the parcours examination.

Note in view of the limitations on university operations as a result of the CoViD19 pandemic: If the basic conditions (hygiene, physical distance rules, etc.) for a classroom-based examination cannot be met, the planned form of examination can be changed to a written or oral online examination in accordance with §13a APSO. The decision about this change will be announced as soon as possible, but at least 14 days before the date of the examination by the examiner after consultation with the board of examiners of the respective study program.

Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Recommended: Knowledge on fundamentals of photogrammetry and remote sensing, as it is provided in the module "Introduction to Photogrammetry, Remote Sensing and Image Processing" (BGU48036), and on fundamentals of computer science, as it is provided in the module "Applied Computer Science" (BGU61030)

Inhalt:

The module consists of the lecture Applied Remote Sensing and the seminar called Seminar Earth Observation Satellite Mission Data Analysis. In the lecture remote sensing sensors, missions, data analyses techniques and applications are introduced, while in the seminar practical work with remote sensing data in form of a project is performed. The topics to be addressed by this module in particular are:

Lecture: Applied Remote Sensing:

- Earth observation systems and sensors
- Data processing and information extraction methods
- Remote sensing applications for environmental monitoring
- Integration into Geo Information Systems (GIS)
- Applications of remote sensing in natural disasters management and humanitarian aid
- Emergency response and early warning systems
- European Earth Observation Program - Copernicus
- Infrastructure for Spatial Information in Europe

Seminar: Earth Observation Satellite Mission Data Analysis:

- Identify an idea for an Earth observation application based on satellite data.
- Preparation of a project proposal
- Definition of system requirements
- Development of a system architecture
- Software development and implementation
- Data analysis (real data)
- Documentation of project
- Presentation of the project and its result and discussion

Lernergebnisse:

After the successful completion of the module, the students are able:

- to know about the most relevant Earth observation missions;
- to analyze their appropriate fields of applications according to the sensor specifications;
- to understand the application of remote sensing and GIS techniques for environmental mapping and monitoring;
- to evaluate the possibilities and limitations of using earth observation for disaster management and emergency mapping;
- to know the relevant international mechanisms, which are put in place by space agencies world-wide
- to provide an overview on the main objectives of the European programs COPERNICUS and INSPIRE.
- to define and develop an idea for an Earth observation application
- to work like a project for a space agency including all required documentation and reviews.
- to present the idea and the project results towards a broader audience and to defend the content in a discussion.
- to know the process of developing software and how to use Earth Observation Data;
- to deal with a large amount of satellite data;
- to work in teams and to prepare scientific results.

Lehr- und Lernmethoden:

The module consists of a lecture and a seminar. The lecture is given with slides and lecture notes with small examples and interactive discussion introducing Earth observation missions and sensors specifically regarding application. In the frame of the seminar the supervisor introduces the task and the procedure about how to run projects for space agencies. The students propose, prepare and develop under guidance of a supervisor an Earth observation application solution as a group work. They present their results in intermediate oral presentations to students and supervisors and discuss their approaches.

Medienform:

Lecture: Teaching using power point slides and black board. The lectures also contain practical examples and discussions. Seminar: Introduction by power point slides; Oral discussion and written feedback to students (e.g. by e-mail).

Literatur:

Lillesand, Kiefer, Chipman (2015): Remote Sensing and Image Interpretation, 7th Edition, J. Wiley, ISBN 978-1-118-91947-7; Richards (2009): Remote Sensing with Imaging Radar, Springer, ISBN 978-3-642-02019-3

Modulverantwortliche(r):

Roland Pail

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

BGU61033: Satellitennavigation und vertiefte Himmelsmechanik | Satellite Navigation and Advanced Orbit Mechanics

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Sommersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 75 | Präsenzstunden: 75 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

The expected learning outcomes are verified by a written exam at the end of the semester of 120 min duration. In this written exam the students demonstrate that they are able to understand the concepts and algorithms used for differential satellite navigation and that they are familiar with advanced concepts used in orbit mechanics as outlined in the intended learning outcomes. The students are allowed to use 8 pages of hand-written notes and a programmable pocket calculator. The competence to solve daily-work practical and numerical problems is supported by voluntary course work in the form of 3-5 exercise reports for selected topics of differential navigation and in orbit mechanics. These numerical problems are implemented in a programming environment such as Matlab ensuring that the students have gained the programming skills required to solve specific problems in satellite navigation and orbit theory. Time to work on the exercises is foreseen during the contact hours. This midterm assignment is passed if as a minimum 60% of the tasks have been answered successfully. In this case, the grading can be improved by 0,3 (provided that the original grading is better or equal 4,0).

Note in view of the limitations on university operations as a result of the CoViD19 pandemic: If the basic conditions (hygiene, physical distance rules, etc.) for a classroom-based examination cannot be met, the planned form of examination can be changed to a written or oral online examination in accordance with §13a APSO. The decision about this change will be announced as soon as possible, but at least 14 days before the date of the examination by the examiner after consultation with the board of examiners of the respective study program.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Recommended: Mathematics, fundamentals of probability calculations and statistics as well as successful participation in the module Introduction to Satellite Navigation and Orbit Mechanics (BGU61029)

Inhalt:

The module consists of one lecture with integrated exercises (Advanced Orbit Mechanics) and one lecture (Differential Navigation). The module is accompanied by exercises. Optional tutor hours support the students in deepening their understanding.

The two lectures complement each other in satellite differential navigation and satellite orbits covering the following aspects:

Differential Navigation:

- Differential GPS and GNSS
- Carrier smoothing
- Augmentation systems for aeronautical and other critical navigation tasks
- Linear combinations of measurements
- Carrier phase ambiguity resolution

Advanced Orbit Mechanics:

- Modelling of non-gravitational accelerations
- Orbit determination
- Selected problems: Lagrange points, swing-by
- Analytical orbit theory: Hill-theory

Lernergebnisse:

After the successful conclusion of the module, the students are able:

- to apply processing strategies to analyze GNSS data for precise positioning applications,
- to understand the principles and concepts of differential navigation and augmentation systems,
- to apply phase ambiguity resolution strategies,
- to understand the models used for representing non-gravitational accelerations
- to understand the concepts of orbit determination, analytical orbit theories and the origin of Lagrange points,
- to apply these concepts to practical problems and to analyze and assess the results.

Lehr- und Lernmethoden:

The module consists of a lecture and a lecture with integrated exercises. The contents of the lectures are communicated by oral presentations or calculations at the whiteboard, including interactive discussions with the students. In the integrated exercises the students work on numerical exercises accompanying the lectures using MATLAB. A tutor is available on demand to support the students in performing their assignments and in the use of MATLAB. The tutor also provides feedback on the submitted reports.

Medienform:

Presentations, lecture notes in electronic form, exercises

Literatur:

- Montenbruck and Gill (2000): Satellite Orbits, Springer
- Beutler (2005): Methods of Celestial Mechanics, Springer
- Misra and Enge (2004): Global Positioning System: Signals, Measurements, and Performance, Ganga-Jamuna Press.
- Kaplan and Hegarty (1996): Understanding GPS: Principles and Applications, Artech House.
- Parkinson and Spilker Jr. (1996): Global Positioning System: Theory and Applications Vol. I/II, American Institute of Aeronautics and Astronautics.
- Teunissen and Kleusberg (1998): GPS for Geodesy, Springer

Modulverantwortliche(r):

Prof. Dr. phil. nat. Urs Hugentobler Prof. Dr. Christoph Günther Dr.-Ing. Patrick Henkel

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

BGU31007: Schätztheorie und Maschinelles Lernen | Estimation Theory and Machine Learning

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Sommersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 90 | Präsenzstunden: 60 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

The expected learning outcomes are verified by a written exam of 120 min duration. A written exam is required to verify that the students are able to reproduce and to understand the basics of probability theory and the key features of different estimation methods, enabling them to select in practice the appropriate method for a certain practical problem. Based on selected case studies and practical problems, it is verified that the students are able to analyze and to solve fundamental estimation problems, that they are able to assess the feasibility of various estimation models, and that they are able to interpret the results within a limited time frame and without additional support material.

Note in view of the limitations on university operations as a result of the CoViD19 pandemic: If the basic conditions (hygiene, physical distance rules, etc.) for a classroom-based examination cannot be met, the planned form of examination can be changed to a written or oral online examination in accordance with §13a APSO. The decision about this change will be announced as soon as possible, but at least 14 days before the date of the examination by the examiner after consultation with the board of examiners of the respective study program.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Complex calculus, signal processing, linear algebra, integrals, statistics and probability theory, principles of photogrammetry and remote sensing

Inhalt:

Basics and advanced skills in the field of
- basics of probability theory

- methods for detection, classification, and parameter estimation
- estimation methods in time- and frequency domain
- selection of proper estimation models
- examples for the application of estimation methods in practice
- design and extraction of features and abstract data representations
- feature transformations and further operations in feature space
- non-linear optimization
- unsupervised and supervised learning for regression and classification (generative and discriminative methods)
- neural networks and deep learning

Lernergebnisse:

Upon successful completion of the module, the students are able

- to understand the basics of probability theory
- to analyze the potentials and limitations of different estimation methods
- to solve basic estimation problems and to evaluate therefore the applicability of estimation models
- to understand basic and advanced principles of machine learning
- to apply state-of-the-art machine learning concepts to real-world problems

Lehr- und Lernmethoden:

The module consists of a lecture and an exercise. The contents of the lecture are taught by talks, presentations, and panel painting. Practical examples and discussions encourage the students to devote themselves to topical contents. The understanding of lecture theory is supported by solving practice related problems. In the exercise (lab), numerical exercises on the topics covered by the lecture are performed using MATLAB and Python; for the most part, the lab is organized as homework with the requirement of preparing midterm reports on methodology and results.

Medienform:

- presentations in electronic form
- handout
- exercise sheets
- panel

Literatur:

- Papoulis, A., Probability, Random Variables, and Stochastic Processes, McGraw Hill, New York, 1977.
- Sivia, D.S., Data Analysis: A Bayesian Tutorial, Oxford Science, Publications, 1996.
- Hänsler, E, Statistische Signale, 2. Aufl., Springer, Heidelberg, 1997.
- Rodgers, C. D., Inverse methods for atmospheric sounding: Theory and practice, World Science, London, 2000.
- Gonzalez, R., Woods, R., Digital Image Processing, Pearson, 2007.
- Bishop, C., Pattern Recognition and Machine Learning, Springer, 2006.
- Murphy, K., Machine Learning: A Probabilistic Perspective, MIT Press, 2012.

- Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A., Deep Learning, MIT Press, 2016.

Modulverantwortliche(r):

Marco Körner

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

BGU45042: Satelliten Boden- und Raumsegment Betrieb | Ground and Space Segment Control

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Sommersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 90 | Präsenzstunden: 60 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

The expected learning outcomes are verified by a written exam (duration: 120 min). In the written exam, by means of answering a number of overarching questions under time pressure, the students demonstrate that they are able to understand, analyze and develop concepts of ground segment design, that they are able to reproduce the principles of spacecraft dynamics and of robotic systems dynamics in orbit and the basic principles of orbit control operations. The written form of the exam is required to verify, if the students have reached the expected level of competence, so that they are able to apply these principles for ground validation, that they are able to understand the future potential of robots in orbit, and that they are able use the competencies acquired to link present-day strategies for the design of future systems.

Note in view of the limitations on university operations as a result of the CoViD19 pandemic: If the basic conditions (hygiene, physical distance rules, etc.) for a classroom-based examination cannot be met, the planned form of examination can be changed to a written or oral online examination in accordance with §13a APSO. The decision about this change will be announced as soon as possible, but at least 14 days before the date of the examination by the examiner after consultation with the board of examiners of the respective study program.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Recommended: Basics of astronautics, mathematics (vector and matrix algebra) and mechanics.
Signal Processing and Microwave Remote Sensing (BGU31006)
Introduction to Satellite Navigation and Orbit Mechanics (BGU61029)

Inhalt:

The module consists of two lectures "On-Orbit Dynamics and Robotics" and "Space Communication & Operation" that are addressing aspects of ground and space segment control in a complementary way:

Lecture: On-Orbit Dynamics and Robotics:

Kinematics and dynamics of mechanical systems, including a material point, a rigid body and a multibody system.

Spacecraft attitude dynamics and control, including also actuators and sensors.

Robot dynamics and control, including open-loop, closed-loop and tele-presence control methods (basics), actuators and sensors, experimental facilities.

Lecture: Earth Observation Mission Engineering and Ground Infrastructure:

Part 1: Mission Engineering: mission concepts, requirements and performance analysis, engineering standards and legal aspects

Part 2: Transfer of remote sensing data to ground and its technical and operational impact on mission and ground infrastructure

Part 3: Payload data handling, processing, data management, archiving and user interfaces. Thematic processing from raw data towards geo-information products

Part 4: Upcoming technologies and new mission concepts

Lernergebnisse:

After the successful conclusion of the module, the students are able - to understand the principles of orbital spacecraft and robotic systems dynamics

- to apply these principles to practical problems and
- to evaluate and assess the results
- to understand the control principles applied for spacecraft attitude and robotic operations,
- to apply them in practical application,
- to apply the techniques for verification of the behaviour of these systems on ground,
- to gain insight into the current and possible future uses of robots in orbit, and
- to develop potential future applications.
- to understand the elements of an Earth observation ground segment and its interaction with the satellite and its sensors,
- to analyze existing ground segments and to develop concepts for new and user specific ground segments based on engineering methods and standards.

Lehr- und Lernmethoden:

The module contains two lectures. The contents of the lectures are communicated by oral presentations or calculations at the blackboard, including interactive discussions with the students. Within these discussion practical examples help deepening the students' understanding of the content.

Medienform:

- Power-point presentations
- electronic handouts

- blackboard
- lecture notes

Literatur:

- Walter, Ulrich (2008): Astronautics. Weinheim: WILEY-VCH (Physics textbook)
- Sidi, Marcel J. (2014): Spacecraft dynamics and control. A practical engineering approach. [Elektronische Ressource]. Cambridge: Cambridge Univ. Press (Cambridge aerospace series, 7). Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511815652>
- Siciliano, Bruno; Sciavicco, Lorenzo; Villani, Luigi; Oriolo, Giuseppe (Hg.) (2009): Robotics. Modelling, planning and control. London: Springer (Advanced Textbooks in Control and Signal Processing)
- Ley, Wilfried; Wittmann, Klaus; Hallmann, Willi (2009): Handbook of space technology. Chichester: Wiley (Aerospace Series, v.22)

Modulverantwortliche(r):

Roland Pail

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

MW2412: Raumfahrzeugtechnik 1 (ESPACE) | Spacecraft Technology 1 (ESPACE) [RFT 1 (ESPACE)]

Raumfahrzeugtechnik 1 (ESPACE)

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Sommersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 90 | Präsenzstunden: 60 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

The module Spacecraft Technology 1 covers the theory and physics of rocketry and astronautics. The evaluating and analytical command of this expertise cluster is a fundamental prerequisite for the professional qualification of an academically educated rocket engineer. To proof the learning achievement of this study cluster, the students have to pass a written exam pressed for time. The expected learning outcomes are verified by a written exam of 90 min duration. The exam comprises typically 20 tasks, which are short questions as well as calculation problems with a partitioning of about 50% to 50%. To work on the exam, the students are provided with a formulary; besides a non-programmable calculator, no further auxiliary material is allowed.

Note in view of the limitations on university operations as a result of the CoViD19 pandemic: If the basic conditions (hygiene, physical distance rules, etc.) for a classroom-based examination cannot be met, the planned form of examination can be changed to a written or oral online examination in accordance with §13a APSO. The decision about this change will be announced as soon as possible, but at least 14 days before the date of the examination by the examiner after consultation with the board of examiners of the respective study program.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

none

Inhalt:

The module provides knowledge of the fundamentals of Rocketry: Rocket Equation; Rocket Staging; Rocket Propulsion (chemical and electrical); Launcher Systems; Space Environment; Rocket Ascent; Astrodynamics; Trajectories; Orbit Transfers

Lernergebnisse:

After the successful conclusion of the module, the students are able to apply the basic physics of rocketry and propulsion to carry out a first order desing of a launcher system with respect to the design budgets of mass, power and volume. The students are able to analyse the complexity and the limitations of launching space craft systems and payloads into orbit. Furthermore, the students are able to apply the basic theory of astronautics, especially that of orbital trajectories and transfer maneuvers, with respect to the space craft's propulsion efficiency and the mission time. In general, the students are able to evaluate typical baseline launcher concepts and mission concepts with respect to the typical trade-offs in rocketry, namely mass and power.

Lehr- und Lernmethoden:

The module consists of a lecture and an ecercise. In the lecture, the topics are taught with the help of presentations and black board sketches. The accompanying excercises repeat and engross the crucial topics. With the help of rough calculations and rule of thumb methods, the studens lern how to do first order system evaluations.

Medienform:

lecture, presentation, powerpoint assistance, hand-outs, black board

Literatur:

U.Walter, Astronautics - The Physics of Space Flight, Springer Nature Switzerland AG, ISBN 978-3-319-74372-1;

Further literature survey is given in the hand-out

Modulverantwortliche(r):

Walter, Ulrich; Prof. Dr.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Module 3. Semester | Modules 3. Semester**Vertiefungsrichtungen | Specialization Subjects****Vertiefungsrichtung 1: Earth System Science | Specialization Subject 1: Earth System Science****Modulbeschreibung****BGU45038: Atmosphäre und Ozean | Atmosphere and Ocean**

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 90 | Präsenzstunden: 60 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

The expected learning outcomes are verified by an written exam of 90 min duration. In this exam, it is verified that the students are able to understand the individual concepts of describing the physical behavior of atmosphere and ocean, the corresponding satellite techniques to observe static and dynamic properties of these two sub-systems of the Earth system, to build interrelations among these concepts and to understand their contribution to the overarching concept of the Earth system. By means of dedicated questions, it is verified that the students are able to interpret results of observation technologies and that they are able to build connections to physical modelling.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Fundamentals in mathematics, experimental physics; mathematical physics, linear algebra, time series analysis

Introduction to Earth System Science (BGU45037)

Numerical Modeling (BGU57018)

Signal Processing and Microwave Remote Sensing (BGU31006)

Applied Earth Observation (BGU45040)

Inhalt:

The module consists of two lectures "Atmospheric Physics and Remote Sensing" and "Oceanography and Satellite Altimetry" that are addressing aspects of the important and tightly coupled Earth system components atmosphere and ocean in a complementary and integrative manner:

Atmospheric Physics and Remote Sensing:

Introduction to atmospheric physics with an emphasis on remote sensing of atmospheric components and processes from space:

- atmospheric layers, circulation and Greenhouse Effect
- atmospheric composition
- Water Vapor and Carbon Dioxide
- aerosols, clouds, and Earth's radiation budget
- atmospheric dynamics
- passive Remote Sensing
- Lidar Remote Sensing of aerosols
- wind and water vapor Lidars
- meteorology and weather forecasts
- global climate change
- new observational needs

Oceanography and Satellite Altimetry:

Physical characteristics of the ocean (temperature, salinity, density)

Large-scale ocean circulation

Wind-generated waves

Ocean tides

Analysis of sea level variability in the context of climate change

Measurement principle of radar altimetry

Validation techniques

Relative sea level

Hands-on examples of oceanographic analysis based on satellite altimetry

Lernergebnisse:

After the successful conclusion of the module, the students are able

- to understand the basic principles of atmosphere, weather, and climate and the methods for determining atmospheric composition and dynamics from space,
- to apply these principles and methods for practical problems,
- to apply the most basic principles of physical oceanography and recognize satellite altimetry as an operational remote sensing technique with important applications in geodesy, oceanography and other geosciences,
- to understand the concept of satellite altimeter missions,
- to apply altimetric observation techniques and the necessary measurement correction,
- to know about data and product availability and data access,
- to understand important analysis methods in satellite altimetry, and
- to apply them to practical problems,

- to understand the geophysical application of satellite altimetry and,
- to develop overarching concepts for monitoring several components of the Earth system

Lehr- und Lernmethoden:

The content of the module is taught in two lectures. Both are conducted in interaction with the students whereby the learning success is continuously monitored through questions to the students. Mathematical derivations and calculations are shown at the black board.

Medienform:

- presentations in electronic form
- blackboard
- selected text books and scientific publications
- online ocean data visualisation tools
- Jupyter Notebooks

Literatur:

- U. Schumann, Atmospheric Physics, Research Topics in Aerospace, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012

- F.W. Taylor, Elementary Climate Physics, Oxford University Press, 2005.

Further reading:

- J.M. Wallace and P.V. Hobbs, Atmospheric Science: An Introductory Survey, Academic Press, 2nd edition, 2006.

- W. Roedel, Physik unserer Umwelt: Die Atmosphäre, Springer, 3. Auflage, 2000.

- L. Bergmann und C. Schaefer, Lehrbuch der Experimentalphysik Band 7: Erde und Planeten, de Gruyter, 2. Auflage, 2001.

- Stewart, R.: Introduction to Physical Oceanography (OpenSource Book)

- Fu, L.L. and A. Cazenave (Eds.) Satellite Altimetry. International Geophysics Series, Vol. 69, San Diego, CA, 2000

- D. Pugh and P.Woodworth. Sea-Level Science: Understanding Tides, Surges, Tsunamis and Mean Sea-Level Changes, Cambridge University Press, 2014. (available in TUM Library)

- Richard E. Thomson , and William J. Emery. Data Analysis Methods in Physical Oceanography, Newnes, 2014 (available in TUM Library)

- Vignudelli, S., Kostianoy, A.G., Cipollini, P. and Benveniste, J. eds., 2011. Coastal altimetry. Springer Science & Business Media. (available in TUM Library)

- Stammer, D. and Cazenave, A. eds., 2017. Satellite altimetry over oceans and land surfaces. CRC press. (available in TUM Library)

Modulverantwortliche(r):

Roland Pail / Marcello Passaro

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Atmospheric Physics and Remote Sensing (Vorlesung, 2 SWS)

Kiemle C

Satellite Altimetry and Physical Oceanography (Vorlesung, 2 SWS)

Seitz F [L], Passaro M

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

BGU45039: Erdbeobachtungssatelliten | Earth Observation Satellites

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2020/21

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 75 | Präsenzstunden: 75 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

The expected learning outcomes are verified by a written exam of 90 min duration. In the exam it is verified that the students are able to remember and to understand the main concepts of potential field theory and the observation techniques of the Earth's gravity and magnetic field from space. The students verify that they are able to build interrelations among these concepts, that they are able to apply methods for processing of satellite gravity and magnetic field data and to link them to global potential field modelling. By means of dedicated questions, it is verified that the students are able to interpret results of gravity and magnetic field observation technologies and that they are able to build connections to system Earth processes.

In addition voluntary course work, which is composed of 3-5 exercise reports for selected topics of Earth Observation satellite data analysis, as well as the presentation on a scientific subject related to a topic of the guest lectures, is recommended as a midterm assignment. The midterm assignment is passed if as a minimum 60% of the tasks have been completed successfully. In this case, the grading can be improved by 0,3 (provided that the original grading is lower or equal 4,0). The work is usually started during supervised labs and finalized in groups as homework. Hereby the students demonstrate that they are able to apply mathematical methods and solve problems of Earth Observation data analysis in a programming environment such as Matlab. In addition to the application and implementation, the students demonstrate that they can interpret the results and verify their plausibility. With the presentation of 15-20 min duration, it is verified that the students are able to prepare and to present a scientific topic to a larger audience.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Recommended:

- Introduction to Earth System Science (BGU45037)

- Introduction to Satellite Navigation and Orbit Mechanics (BGU61029)
- Signal Processing and Microwave Remote Sensing (BGU31006)

Inhalt:

- Introduction to potential field theory
- principles of satellite gravimetry and magnetometry
- mission concept and goals of the satellite gravity missions CHAMP, GRACE, GOCE
- mission concept and goals of the magnetic field missions ØRSTED, SAC-C, SWARM
- applications of satellite gravity and magnetic field data in earth sciences

Lernergebnisse:

After the successful conclusion of the module, the students are able to

- to understand the basics of potential field theory and the mathematical description of the Earth's gravity and magnetic field;
- to understand the basic mission concepts and objectives of satellite gravity and magnetic field missions
- to recognize the relationship between the measurements and the respective potential field parameters
- to apply these concepts for the solution of practical problems of Earth Observation (EO) Data analysis
- to analyze and to interpret the results
- to link the observation of the global gravity and magnetic field and its changes to the global monitoring of the Earth system,
- to develop a logically structured presentation on a topic related to the guest lecture on EO
- to present it to an audience
- to publicly defend the contents of the scientific presentation.

Lehr- und Lernmethoden:

The module consists of a lecture, an exercise and a seminar. The contents of the lectures are communicated by developing theory and methods on the blackboard, oral presentations with powerpoint support, or calculations/drawings at the blackboard, including interactive discussions with the students. In the exercise (lab), numerical exercises on the topics covered by the lecture are performed using MATLAB. For the most part, the lab is organised as homework with the requirement of preparing a written report on methodology and results.

In the seminar the students perform a self-contained literature research and they are guided interactively how to develop an oral presentation.

Medienform:

- presentations in electronic form
- blackboard

Literatur:

- handouts

- Torge, Wolfgang; Müller, Jürgen (2012): Geodesy. 4th ed. Berlin, Boston: De Gruyter (De Gruyter textbook)
- Stolle, Claudia; Olsen, Nils; Richmond, Arthur D.; Opgenoorth, Hermann J. (Hg.) (2018): Earth's magnetic field. Understanding geomagnetic sources from the earth's interior and its environment. Dordrecht: Springer Science+Business Media B.V.2018 (Space sciences series of ISSI, vol. 60)

Modulverantwortliche(r):

Roland Pail

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Seminar with Guest Lecturers (Seminar, 1 SWS)

Pail R

Gravity and Magnetic Field from Space (Vorlesung, 2 SWS)

Pail R [L], Pail R, Gruber T

Übungen in der Erdbeobachtung (Übung, 2 SWS)

Pfaffenzeller N [L], Abrykosov P, Pfaffenzeller N

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

BGU57019: Geokinematik und kontinentale Hydrologie | Geokinematics and Continental Hydrology

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2020/21

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 90 | Präsenzstunden: 60 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

The expected learning outcomes are verified by a written exam of 120 min duration. In the exam it is verified that the students understand the scientific challenges of space-based geodetic data sets and its potential for geokinematic and hydrological applications, that they are able to process observation data and evaluate it with respect to its accuracy, and that they understand how the data can be used for the calibration of hydrological models. With the discussion of typical examples and specific problem settings the theoretical understanding and the evaluation skills are examined. Through questions at different levels of difficulty, the written exam allows for an individual verification of the understanding and thus a realistic assessment of the acquired competencies.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Recommended:

Basic knowledge in linear algebra, calculus, mechanics, programming with Matlab

Successful participation in the modules

- Introduction to Earth System Science (BGU45037)
- Numerical Modeling (BGU57018)
- Signal Processing and Microwave Remote Sensing (BGU13006)

Inhalt:

1. Introduction: concepts of geodetic reference systems, their realizations, the International Terrestrial Reference System (ITRS)
2. The ITRF: General aspects, review on existing ITRS realizations, geodetic space techniques, combination strategies, inconsistencies and challenges

3. Alternative reference frames: epoch reference frames, regional reference frames
4. Current developments and most recent research topics: non-linear station motions, physical datum definition, the Global Geodetic Observing System (GGOS), inter-disciplinary scientific applications
5. Satellite radar altimetry for inland water bodies, Inland altimetry databases
6. Other space-based hydrogeodetic observation techniques: Laser and Delay Doppler/SAR altimetry, GNSS-reflectometry, GRACE-FO, SWOT
7. Monitoring of rivers systems and estimation of river discharge
8. Volume changes of lakes
9. Observing continental hydrology with the GRACE gravity mission
10. Assimilation/calibration of hydrological models using hydrogeodetic information
11. Numerical exercises: Computation of water levels, river discharge and lake volume changes from satellite altimetry data

Lernergebnisse:

After the successful conclusion of the module, the students are able

- to understand the definition and the datum realization of the ITRS,
- to classify different realizations of geodetic reference systems (regional, global, epoch-wise, multi-year),
- to evaluate observations of space geodetic observation techniques regarding information content and accuracy,
- to describe different concepts for the realization of the ITRS,
- to discuss inconsistencies and to evaluate current limitations of current ITRS realizations,
- to assess the potential of current developments for the accuracy of terrestrial reference frames,
- to describe the importance of accurate terrestrial reference frames for various inter-disciplinary applications,
- to understand the measurement principle of radar altimetry and its potential for hydrological applications,
- to apply satellite altimetry data for the estimation of lake volumes and river discharge,
- to evaluate the quality of inland altimetry data, and
- to understand the application of satellite data for the calibration of hydrological models.

Lehr- und Lernmethoden:

The content of the module is taught in two lectures. Both are conducted in interaction with the students whereby the learning success is continuously monitored through questions to the students. Mathematical derivations are shown at the black board. Selected literature is discussed with the students.

The lecture Hydrogeodesy contains four supervised practical exercises conducted in the CIP-Pool.

Moreover, two guest lectures by external experts are part of the module.

Medienform:

- Presentation slides

- Lecture Notes
- Selected Scientific Publications which will be distributed in class

Literatur:

Geokinematics:

- Lecture Notes
- Kovalevsky J., Mueller I., Kolaczek B. (1989): Reference Frames in Astronomy and Geophysics, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht
- Seeber G. (2003): Satellite Geodesy, Walter de Gruyter, Berlin
- Xu G. (2010/2013): Sciences in Geodesy-I/II, Springer, Berlin
- Plag H.-P., Pearlman M. (2009): Global Geodetic Observing System, Springer, Berlin
- Selected scientific publications (distributed in the course)

Hydrogeodesy:

- Lecture notes
- Fu L., Cazenave A. (2000): Satellite Altimetry and Earth Sciences: A Handbook of Techniques and Applications. International Geophysics Series, Vol. 69, San Diego, CA
- Calmant et al (2008): Monitoring Continental Surface Waters by Satellite Altimetry, Surv. Geophys. 29:247-269
- Selected scientific publications (distributed in the course)

Modulverantwortliche(r):

Prof. Florian Seitz

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Geokinematics (Vorlesung, 2 SWS)

Seitz F [L], Bloßfeld M

Hydrogeodesy: Monitoring surface waters from space (Vorlesung, 2 SWS)

Seitz F [L], Dettmering D

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

MW2413: Raumfahrzeugtechnik 2 (ESPACE) | Spacecraft Technology 2 (ESPACE) [RFT 2 (ESPACE)]

Raumfahrzeugtechnik 2 (ESPACE)

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2020/21

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 75 | Präsenzstunden: 75 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

The expected learning outcomes are verified by a written exam of 90 min duration. A written exam is required to verify that the students are able to understand and apply the concepts of engineering and design of a spacecraft system (mainly satellites) and its mission. The evaluating and analytical command of this expertise cluster is a fundamental prerequisite for the professional qualification of an academically educated rocket engineer. The exam comprises typically 15-20 tasks, which are short questions as well as calculation problems with a partitioning of about 50% to 50%. To work on the exam, the students are provided with a formulary; besides a non-programmable calculator, no further auxiliary material is allowed. In addition a midterm assignment is offered, which covers a scientific proposal for a satellite mission of 5 to 10 pages and 10 min presentation and subsequent discussion of this proposal. The grading of the module grade can be improved by 0,3 (provided that the original grading is lower or equal 4,0). The topic for the satellite mission design and the requirements will be announced by the lecturer (former topics are related to the design of an Earth Observation satellite mission with small satellites). The work should be done in groups of 3 to 5 students. Hereby the students demonstrate that they are able to apply the theoretical elements taught in the lecture and in the exercise and their interactions to a mission proposal.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Basic physics; theory and physics of rocketry and astronautics as it is covered in the module Spacecraft Technology 1 (MW2412).

Inhalt:

The content of the module will address the basic components of a satellite system in theory (lecture) and practise (exercise). The seminar intends to offer the students the possibility to perform an Earth observation mission design based on the lecture and exercise content. In particular the topics of the module Spacecraft Technology 2 to be addressed are the following:

- Mission Design (requirements, trade studies)
- Mission Geometry & Orbit Selection
- Orbit Perturbations
- Space Environment
- Satellite Payloads (typical)
- Structure & Mechanisms
- Attitude Determination and Control System
- Propulsion System
- Communication System
- Power System
- Thermal Control System

Satellite Mission Design Project:

In the project the science objectives for an Earth observation mission are defined and the overall design of this mission is developed. Specifically the interaction of the various elements of a mission design, such as instrumentation, orbit, spacecraft and launcher is considered.

Lernergebnisse:

After the successful conclusion of the module Spacecraft Technology 2 the students are able to

- understand all relevant theory and engineering tools for analysing the major elements of a typical space mission with special emphasis on the space element, namely the spacecraft itself
- understand the complex interactions between the spaceflight environment, spacecraft sub-systems and mission needs,
- analyze relevant requirements and find first order solutions for mission planning purposes
- evaluate spacecraft systems and perform basic optimizations with respect to the typical trade-offs comprising power, mass, data rate, lifetime, complexity and reliability
- evaluate the basic interactions between the design drivers for spacecraft systems, and
- implement them in the typical design processes.

Lehr- und Lernmethoden:

The module consists of a lecture, an exercise and a seminar. In the lecture, the topics are taught with the help of presentations and black board sketches. The accompanying exercises (labs) repeat and engross the crucial topics. With the help of rough calculations and rule of thumb methods, the students learn how to do first order system evaluations.

In the seminar an introduction to mission design is given by the lecturers. The student teams work independently and present their work a final presentation. Feedback to the mission design concepts is given by the lecturers either orally or in written form. Existing software is applied for orbit computations.

Medienform:

Presentation, powerpoint assistance, hand-outs, black board

Literatur:

- Lecture notes
- U.Walter, Astronautics, Wiley-VCH, ISBN 3-527-40685-9
- Further literature survey is given in the hand-out

Modulverantwortliche(r):

Walter, Ulrich; Prof. Dr.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Satellite Mission Design Project (Seminar, 1 SWS)

Gruber T [L], Gruber T, Pfaffenzeller N

Spacecraft Technology 2 - Tutorial (Übung, 1 SWS)

Gscheidle C, Rott M

Spacecraft Technology 2 (Vorlesung, 3 SWS)

Rott M, Gscheidle C

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Vertiefungsrichtung 2: Remote Sensing | Specialization Subject 2: Remote Sensing

Modulbeschreibung

BGU30062: Geoinformation | Geoinformation [Geoinformation]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2020/21

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|---|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 105 | Präsenzstunden: 45 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

A written exam of 60 min takes place in the end of the semester. By answering the questions the students verify that they have gained the required knowledge about spatial data management, the analysis of geodata, spatial data mining and cartographic techniques for visualising spatial data. The exam contains questions in which they have to give valid definitions, explain concepts, theoretically implement and evaluate case studies, as well as mastering design challenges. All learning outcomes are covered by this written exam.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Knowledge of higher mathematics and experiences of handling spatial data

Inhalt:

This module includes the following topics:

- Introduction to GIS;
- Spatio-temporal representations and databases;
- Spatial data analysis;
- Spatial data mining;
- Data retrieval and cartographic techniques;
- Introduction to ArcGIS components;
- Working with multiple data tables;
- Learning spatial analysis methods;
- Building 3D models;

- Creating animations;
- Designing a quality Map in a GIS;
- Collecting spatial data during field work and integrating it to a GIS

Lernergebnisse:

After the successful conclusion of the module, the students are able

- to illustrate the dimensions of geoinformation;
- to explain the structure of a GIS;
- to implement concepts of geodata harmonization to integrate geodata into a GIS;
- to implement geoanalytical methods;
- to apply properties of different map projections and to select appropriate projections for specific purpose;
- to implement map generalization concepts and algorithms;
- to evaluate spatial databases and the spatial data quality within geodata-management;
- to generate three dimensional data models

Lehr- und Lernmethoden:

The module is structured in lectures with integrated exercises. The lectures provide the theoretical foundations of geoinformation. They impart knowledge about spatial data management, the analysis of geodata, spatial data mining and cartographic techniques for visualising spatial data. The integrated exercise part of this module allows the students to employ their GIS knowledge to applied studies. An introduction to ArcGIS will be given and the students can analyse and visualise geodata using a variety of analysis tools and visualisation techniques. A set of exercises put the theoretical knowledge into practice. The exercises are carried out in a computer lab individually, partly under supervision within lecture time and partly in self-study. Feedback on the exercises is given to each student within a personal one-on-one discussion.

Medienform:

Moodle E-learning, presentations, script, GIS laboratory, hand-outs, recommended literature

Literatur:

Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire D. J., Rhind, D. W. (Eds.) (2005): Geographical Information Systems – Principles, Techniques, Management and Applications. John Wiley & Sons.
Law, M., Collins, A. (2013): Getting to Know ArcGIS for Desktop. Esri Press.

Modulverantwortliche(r):

Prof. Liqiu Meng (liqiu.meng@tum.de)

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Geoinformation (Vorlesung mit integrierten Übungen, 3 SWS)

Murphy C [L], Meng L, Murphy C

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

BGU48035: PSC - Photogrammetrie - Ausgewählte Kapitel | PSC - Photogrammetry - Selected Chapters [PSC]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|---|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester/ Sommersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 90 | Präsenzstunden: 60 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

The exams consist of a presentation of 30 minutes of a prepared scientific topic and a discussion on the topic of the presentation and the scientific field in general. The student has to show the ability to understand, prepare and present a scientific topic to a scientific auditorium. The discussion is focussed on methodological details of the presented topic and the scientific field. It is evaluated whether the students understand methods, sensors, and applications in the field of research beyond their topics and whether they can evaluate their topics in the field of research.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Introduction to Photogrammetry, Remote Sensing and Image Processing (BGU48036)

Inhalt:

Lectures on Photogrammetry and remote sensing. Different topics of state-of-the-art Photogrammetry and Remote Sensing like i.e.:

- Extraction of buildings from aerial images, satellite images, LiDAR, SAR
- Extraction of roads from aerial images, satellite images, LiDAR, SAR
- Extraction of vehicles from aerial images, satellite images, LiDAR, IR
- Classification of vegetation from aerial images, satellite images, LiDAR, SAR
- Glaciers DEM from aerial images, satellite images, LiDAR, SAR

Topics from the fields of photogrammetry, remote sensing and image analysis are selected by the students.

Lernergebnisse:

After the successful conclusion of the module Photogrammetry, the students are able

- to understand and apply methods of Photogrammatry and Remote Sensing
- to evaluate the usability of specific methods for specific tasks,
- to evaluate results in a project report
- to present scientific results to an audience, i.e. how to design slides, structure the presentation, and how to defend the content in a discussion
- to analyse problems and solution of a specific task in Photogrammetry and Remote Sensing
- to evaluate actual problems and methods in photogrammetry and remote sensing
- to prepare methodical basics and present elaborated results in a talk and report

Lehr- und Lernmethoden:

In the lecture the students evaluate technical possibilities and methods for state-of-the-art sensors (multi- and hyperspectral optical sensors, sensors in thermal infrared, airborne laserscanning, synthetic aperture radar) based on scientific publications. In a combination of lectures given by lecturers and the students themselves and paperwork, the students specialize on certain individual concepts, sensors, platforms or applications of Photogrammetry and Remote Sensing. Students prepare short lectures on their topic to recap the new knowledge every few lectures. Ongoing discussions during the lectures deepen the understanding of the different topics. By the end of the semester, every student presents his / her favorite topic in a 30 minutes presentation. This presentation should include a summary and explanation of presented methods, an evaluation and a discussion. The results, pros and cons are discussed within the group of attendees.

Medienform:

- Black / white board
- Presentation as slides
- Literature research

Literatur:

Literatur is individually related to the chosen topics. Possible sources for state-of-the-art articles are:

- ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences (www.isprs.org)
- ISPRS International Journal for Photogrammetry and Remote Sensing (www.journals.elsevier.com/isprs-journal-of-photogrammetry-and-remote-sensing)
- IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing (<https://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=4609443>)

Modulverantwortliche(r):

Uwe Stilla

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

PSC - Photogrammetry - Selected Chapters (Vorlesung, 4 SWS)

Wysocki O (Biswanath M, Greza M)

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

BGU69002: Fernerkundung - Vertiefte Methoden | Remote Sensing - Advanced Methods

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 75 | Präsenzstunden: 75 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

The learning outcomes are examined within a parcours, consisting of

- a written exam of 60 minutes length
- a presentation of about 10 minutes.

The presentations will be given after the written exam in the classroom.

Die Lernergebnisse werden im Rahmen eines Parcours geprüft, der aus folgenden Teilen besteht

- einer schriftlichen Prüfung von 60 Minuten Dauer
- einer Präsentation von etwa 10 Minuten Dauer.

Die Präsentationen werden im Anschluss an die schriftliche Prüfung im Klassenraum gehalten.

Während die Klausur ein allgemeines Verständnis der Themen SAR-Fernerkundung, Hyperspektrale Fernerkundung und Atmosphärische Fernerkundung prüfen soll, bestätigt die Präsentation eine vertiefte Auseinandersetzung mit einem speziellen Thema aus dem Gesamtgebiet der Fernerkundung. Es soll geprüft werden, inwieweit die Studierenden in der Lage sind, technische, aufgabenorientierte Lösungen in einem theoretisch und methodisch fundierten Diskurs vor Fachpublikum zu erläutern.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundkenntnisse in Photogrammetrie, Mathematik und Physik.

Erfolgreiche Teilnahme am Modul Einführung in die Photogrammetrie, Fernerkundung und digitale Bildverarbeitung (BGU48036).

Inhalt:

Das Modul besteht aus einer Vorlesung, einer Übung und einem Seminar. Während die Vorlesung das notwendige Hintergrundwissen vermittelt, ermöglichen Übungen und Seminar problemorientiertes Lernen.

Fernerkundung - Fortgeschrittene Methoden (Vorlesung und Übung):

- Along-Track und Across-Track Interferometrie
- Differentielle SAR-Interferometrie
- Persistent Scatterer Interferometrie
- Fernerkundung der Atmosphäre
- Hyperspektrale Fernerkundung

Die interferometrische Verarbeitung von SAR-Daten wird in Tutorien geübt.

Fernerkundung (Seminar)

- tiefer Einblick in spezifische und ausgewählte Themen der aktuellen Fernerkundungsforschung

Lernergebnisse:

Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage

- Methoden der Signalverarbeitung in der Fernerkundung zu verstehen und anzuwenden
- die Anwendbarkeit spezifischer Fernerkundungsmethoden für praktische Problemstellungen zu beurteilen
- eigenständig Aufgabenstellungen aus dem Forschungsbereich der Fernerkundung zu analysieren
- methodische Grundlagen für ein ausgewähltes Forschungsthema zu erarbeiten
- alternative Ansätze in der Praxis zu bewerten und eigene Lösungen zu entwickeln
- die erarbeiteten Ergebnisse in einem Bericht und/oder Vortrag zu präsentieren

Lehr- und Lernmethoden:

Das Modul setzt sich aus einer Vorlesung, einer dazugehörigen Übung und einem Seminar zusammen. In der Vorlesung werden die Inhalte durch Referate vermittelt und diese werden in der Übung vertieft. Im Seminar werden die in der Vorlesung vermittelten Grundlagen durch selbständiges Arbeiten an einem aktuellen Forschungsthema sowie durch Präsentation und Diskussion der erzielten Ergebnisse angewendet.

Medienform:

Folien, Vorlesungsunterlagen, Übungsblätter, White-/Blackboard

Literatur:

Remote Sensing - Advanced Methods:

- Fletcher, Karen: InSAR Principles - Guidelines For SAR Interferometry Processing and Interpretation. ESA, 2007

Seminar Remote Sensing:

- selected literature (such as scientific papers) will be provided for each topic individually

Modulverantwortliche(r):

Prof. Dr.-Ing. habil. Xiaoxiang Zhu

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Lab for Remote Sensing - Advanced Methods (Übung, 1 SWS)

Zhu X

Seminar Fernerkundung (Seminar, 2 SWS)

Zhu X [L], Zhu X

Remote Sensing - Advanced Methods (Vorlesung mit integrierten Übungen, 2 SWS)

Zhu X [L], Zhu X

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

MW2413: Raumfahrzeugtechnik 2 (ESPACE) | Spacecraft Technology 2 (ESPACE) [RFT 2 (ESPACE)]

Raumfahrzeugtechnik 2 (ESPACE)

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2020/21

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 75 | Präsenzstunden: 75 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

The expected learning outcomes are verified by a written exam of 90 min duration. A written exam is required to verify that the students are able to understand and apply the concepts of engineering and design of a spacecraft system (mainly satellites) and its mission. The evaluating and analytical command of this expertise cluster is a fundamental prerequisite for the professional qualification of an academically educated rocket engineer. The exam comprises typically 15-20 tasks, which are short questions as well as calculation problems with a partitioning of about 50% to 50%. To work on the exam, the students are provided with a formulary; besides a non-programmable calculator, no further auxiliary material is allowed. In addition a midterm assignment is offered, which covers a scientific proposal for a satellite mission of 5 to 10 pages and 10 min presentation and subsequent discussion of this proposal. The grading of the module grade can be improved by 0,3 (provided that the original grading is lower or equal 4,0). The topic for the satellite mission design and the requirements will be announced by the lecturer (former topics are related to the design of an Earth Observation satellite mission with small satellites). The work should be done in groups of 3 to 5 students. Hereby the students demonstrate that they are able to apply the theoretical elements taught in the lecture and in the exercise and their interactions to a mission proposal.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Basic physics; theory and physics of rocketry and astronautics as it is covered in the module Spacecraft Technology 1 (MW2412).

Inhalt:

The content of the module will address the basic components of a satellite system in theory (lecture) and practise (exercise). The seminar intends to offer the students the possibility to perform an Earth observation mission design based on the lecture and exercise content. In particular the topics of the module Spacecraft Technology 2 to be addressed are the following:

- Mission Design (requirements, trade studies)
- Mission Geometry & Orbit Selection
- Orbit Perturbations
- Space Environment
- Satellite Payloads (typical)
- Structure & Mechanisms
- Attitude Determination and Control System
- Propulsion System
- Communication System
- Power System
- Thermal Control System

Satellite Mission Design Project:

In the project the science objectives for an Earth observation mission are defined and the overall design of this mission is developed. Specifically the interaction of the various elements of a mission design, such as instrumentation, orbit, spacecraft and launcher is considered.

Lernergebnisse:

After the successful conclusion of the module Spacecraft Technology 2 the students are able to

- understand all relevant theory and engineering tools for analysing the major elements of a typical space mission with special emphasis on the space element, namely the spacecraft itself
- understand the complex interactions between the spaceflight environment, spacecraft sub-systems and mission needs,
- analyze relevant requirements and find first order solutions for mission planning purposes
- evaluate spacecraft systems and perform basic optimizations with respect to the typical trade-offs comprising power, mass, data rate, lifetime, complexity and reliability
- evaluate the basic interactions between the design drivers for spacecraft systems, and
- implement them in the typical design processes.

Lehr- und Lernmethoden:

The module consists of a lecture, an exercise and a seminar. In the lecture, the topics are taught with the help of presentations and black board sketches. The accompanying exercises (labs) repeat and engross the crucial topics. With the help of rough calculations and rule of thumb methods, the students learn how to do first order system evaluations.

In the seminar an introduction to mission design is given by the lecturers. The student teams work independently and present their work a final presentation. Feedback to the mission design concepts is given by the lecturers either orally or in written form. Existing software is applied for orbit computations.

Medienform:

Presentation, powerpoint assistance, hand-outs, black board

Literatur:

- Lecture notes
- U.Walter, Astronautics, Wiley-VCH, ISBN 3-527-40685-9
- Further literature survey is given in the hand-out

Modulverantwortliche(r):

Walter, Ulrich; Prof. Dr.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Satellite Mission Design Project (Seminar, 1 SWS)

Gruber T [L], Gruber T, Pfaffenzeller N

Spacecraft Technology 2 - Tutorial (Übung, 1 SWS)

Gscheidle C, Rott M

Spacecraft Technology 2 (Vorlesung, 3 SWS)

Rott M, Gscheidle C

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Vertiefungsrichtung 3: Navigation | Specialization Subject 3: Navigation**Modulbeschreibung****BGU61031: Vertiefte Aspekte der Navigationstechnologie | Advanced Aspects of Navigation Technology**

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2020/21

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 90 | Präsenzstunden: 60 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

A written exam of 120 min takes place in the end of the semester. The aim of the written exam is to ensure that the student has gained the required knowledge and understanding of fundamentals of receiver technology, acquired basic knowledge on signal generation, understands the functionalities of GNSS receiver modules, and are familiar with methods and strategies relevant for applications of GNSS in different fields such as geodynamics, aeronautical and space applications, time synchronization. Students are allowed to use a programmable pocket calculator.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Introduction to Satellite Navigation and Orbit Mechanic (BGU61029)

Signal Processing and Microwave Remote Sensing (BGU31006)

Inhalt:

The two courses in the module gives an overview over advanced aspects of navigation technology, including GNSS receiver technology and specific applications.

Receiver Technology:

- mathematical fundamentals and GNSS signal structures
- antenna and receiver front end
- signal acquisition, tracking loops, navigation
- mass market receivers
- advanced tracking methods

GNSS Applications: Different lecturers from DLR and from industry highlight various GNSS and navigation applications such as:

- time synchronization
- indoor navigation, sensor fusion
- real time applications
- aeronautical applications, integrity
- space applications
- applications in geodynamics

The course gives insight into current projects performed and applications developed by industry in and around Munich.

Lernergebnisse:

After the successful conclusion of the module, the students are able

- to understand the fundamentals of GNSS signals,
- to understand the structure and working principles of a GNSS receiver,
- to understand the acquisition, tracking, navigation modules of a GNSS receiver,
- to understand the basic principle of simple signal generators,
- to analyze and to assess typical GNSS applications.

Lehr- und Lernmethoden:

The module consists of a lecture in receiver technology and a seminar on GNSS applications.

The lecture on receiver technology is interleaved with several exercises to the different topics that are completed as home works. This way, the students can apply the concepts presented in the lecture in practice and thus gain a deep understanding on receiver working principles and GNSS signal processing. The seminar consists of a series of invited presentations on specific GNSS topics given by different lecturers from DLR and from Industry. This gives the students also the opportunity to get an overview over industry projects and to get into contact with potential employers.

Medienform:

Powerpoint presentations, blackboard

Literatur:

- Lecture notes, handouts
- Teunissen P., Montenbruck O. (Eds): GNSS Handbook, Springer, 2017

Modulverantwortliche(r):

Prof. Dr. phil. nat. Urs Hugentobler Dipl. Math. Kathrin Frankl

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Seminar GNSS Applications (Seminar, 2 SWS)

Hugentobler U

Receiver Technology (Vorlesung, 2 SWS)

Hugentobler U [L], Arizabaleta Diez M, Sharma H

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

BGU61032: Praktikum Navigation | Navigation Labs

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2020/21

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 90 | Präsenzstunden: 60 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

The exam is carried out in the form of Laboratory assignment. During the semester, the students hand in 4-6 written lab reports of about 10 pages each, which document the labs and the lab results, and provide answers on questions relevant to the lab. These written reports are prepared in small groups and are later on discussed with the lecturer. Discussions take 60-90 min per lab and group. The grade of the module is based with equal weight on the written reports and on individual questions of the lecturer during the discussion. The aim of the written reports is to ensure that the students have gained the required competences to work with GNSS equipment, to characterise GNSS receivers and tracking data, to perform specific analysis tasks in a small team, and to document the used methods and obtained results. With the discussion the competence of the students to defend the methods applied and results obtained in the lab is verified.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Introduction to Satellite Navigation and Orbit Mechanics (BGU61029)

Satellite Navigation and Advanced Orbit Mechanics (BGU61033)

Inhalt:

Exercises and labs on

- GPS mapping
- Receiver characterization
- Multipath and ionosphere analysis
- Software correlation
- Spaceborne GPS tracking

Lernergebnisse:

After the successful conclusion of the module, the students are able

- to work with and handle GNSS equipment
- to understand and apply GNSS data analysis
- understand GNSS processing concepts
- to apply dedicated problems of GNSS including receiver technology and data collection
- to apply methods for the analysis of GNSS data
- to analyze, assess and interpret the results.

Lehr- und Lernmethoden:

The module consists of an exercise (lab). It is organized as a series of lab exercises where each exercise is introduced with a short presentation; students work in small groups using hardware and software and prepare a written report; the results of the report are discussed in the group. The work in groups on challenging topics together with immediate feedback and extended discussions of the results allows the students to deepen their understanding in GNSS and relevant applications.

Medienform:

Handouts for each lab exercise, work with hardware and software, presentation of results with written report and discussions.

Literatur:

Misra P., Enge P.; Global Positioning System (GPS): Signals, Measurements and Performance; Ganga-Jamuna Press (2001).

Modulverantwortliche(r):

Prof. phil. nat. Urs Hugentobler Dr. Oliver Montenbruck M.Sc. Inga Selmke

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Navigation Labs (Übung, 4 SWS)

Montenbruck O, Vollmair P

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

BGU61034: Präzise Nutzung von GNSS | Precise GNSS

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2023

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 75 | Präsenzstunden: 75 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

The expected learning outcomes are verified with a written exam of 120 min at the end of the semester. The aim of the written exam is to ensure that the student has gained the required knowledge and understanding for precise positioning and navigation with GNSS data and inertial sensors and of the corresponding mathematical background as listed in the intended learning outcomes and that the students are capable to discuss the methods used and the results achieved in the exercise (lab) and to put them into the proper context. The students are allowed to use 8 pages of hand-written notes and a programmable pocket calculator for the written exam as well as their reports prepared during the exercise (lab).

Lab reports can be prepared as homework and are considered as optional midterm exam. The 5-6 reports are graded and contribute, when improving it, to the overall grade with a weight of 25%.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Fundamentals of linear algebra and statistics as well as successful participation in the module "Introduction to Satellite Navigation and Orbit Mechanics" (BGU61029)

Inhalt:

The module include theory lectures with integrated exercises (3h) and exercise (lab) (2h). The aim of the module is

- to get familiar with GNSS and inertial navigation sensors, with models involved, and with processing strategies used for precise GNSS positioning applications and inertial navigation,
- to get experience with GNSS data in practical work.

The theoretical part covers:

Introduction to fundamentals of inertial navigation: angular momentum, torque and inertia tensor; coordinate transformations: direction cosines, Euler angles and quaternions; Euler equation;

Inertial sensors: gyroscopes and accelerometers; Integration of inertial measurements; Calibration of inertial sensors with satellite navigation; Integration of inertial navigation and satellite navigation: deep coupling of tracking loops, loose coupling of navigation solution; estimation of drift and scaling factor of inertial sensors, attitude determination with and without carrier phase integer ambiguity resolution.

Skill will be trained with Matlab examples.

The practical work includes:

- development of a simple point positioning tool using Matlab,
- experiments using a scientific software package to study the impact of different effects and analysis strategies on positioning results such as orbit precision, troposphere, modelling, ambiguity resolution.

The practical work is accompanied by short presentations by the participants of their results.

Lernergebnisse:

After the successful conclusion of the module, the students are able

- to understand the theory, the basic methodologies and algorithms, and the current trends for inertial navigation,
- to analyze and evaluate algorithms and methods for inertial navigation,
- to develop own algorithms for coupling inertial navigation and satellite navigation,
- to assess the impact of different model options on the positioning results
- to optimize analysis strategies to specific use cases
- to apply methods for assessing precision and accuracy of obtained positioning solutions
- to apply optimized processing strategies to analyze GNSS data for precise positioning applications

Lehr- und Lernmethoden:

In the lecture with integrated exercises the content is presented with powerpoint presentations with examples and demonstrations using Matlab. Calculations and derivations are written to the blackboard.

The students have the option to participate in a voluntary trial exam in the middle of the semester which allows them to validate that the target competences of the first part of the module have been achieved.

In the exercise (lab) the exercises are based on Matlab and on the Bernese GPS Software, a professional GNSS data analysis software. The students work in groups on specific questions and prepare a report.

Medienform:

Lecture with power-point presentations with electronic handouts and blackboard, demonstration of Matlab code. Lab exercises with electronic handouts, software user instructions, electronic tutorials with solutions.

Literatur:

Günther, C. (2022). Book Chapters on Satellite Navigation and Differential Navigation.

Mitra, P. & Enge, P (2006): GPS-Signals, Measurements and Performance. Ganga-Jamuna Press (available in the library: www.ub.tum.de)

C. Jekeli (2001): Inertial Navigation Systems with Geodic Applications, Verlag de Gruyter.

M. Grewal, L. Weill and A. Andrews (2007): Global Positioning Systems, Inertial Navigation and Integration, Wiley

Parkinson, B.W. & Spilker Jr., J.J. (1996), Global Positioning System: Theory and Applications Vol. I/II, American Institute of Aeronautics and Astronautics

Kaplan, E., Hegarty C. (2006), Understanding GPS: Principles and Applications, Second Edition, Artech House (available in the library: www.ub.tum.de)

GPS Interface Control Document, ICD-GPS-200C

Bernese GPS Software Version 5.2 User Manual

Modulverantwortliche(r):

Prof. Dr. phil. nat. Urs Hugentobler Dr.-Ing. Patrick Henkel M. Sc. Peter Vollmair

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Inertial Navigation (ESPACE) (Vorlesung mit integrierten Übungen, 3 SWS)

Henkel P [L], Henkel P

Labs in Precise GNSS (Übung, 2 SWS)

Hugentobler U [L], Vollmair P

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

MW2413: Raumfahrzeugtechnik 2 (ESPACE) | Spacecraft Technology 2 (ESPACE) [RFT 2 (ESPACE)]

Raumfahrzeugtechnik 2 (ESPACE)

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2020/21

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 75 | Präsenzstunden: 75 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

The expected learning outcomes are verified by a written exam of 90 min duration. A written exam is required to verify that the students are able to understand and apply the concepts of engineering and design of a spacecraft system (mainly satellites) and its mission. The evaluating and analytical command of this expertise cluster is a fundamental prerequisite for the professional qualification of an academically educated rocket engineer. The exam comprises typically 15-20 tasks, which are short questions as well as calculation problems with a partitioning of about 50% to 50%. To work on the exam, the students are provided with a formulary; besides a non-programmable calculator, no further auxiliary material is allowed. In addition a midterm assignment is offered, which covers a scientific proposal for a satellite mission of 5 to 10 pages and 10 min presentation and subsequent discussion of this proposal. The grading of the module grade can be improved by 0,3 (provided that the original grading is lower or equal 4,0). The topic for the satellite mission design and the requirements will be announced by the lecturer (former topics are related to the design of an Earth Observation satellite mission with small satellites). The work should be done in groups of 3 to 5 students. Hereby the students demonstrate that they are able to apply the theoretical elements taught in the lecture and in the exercise and their interactions to a mission proposal.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Basic physics; theory and physics of rocketry and astronautics as it is covered in the module Spacecraft Technology 1 (MW2412).

Inhalt:

The content of the module will address the basic components of a satellite system in theory (lecture) and practise (exercise). The seminar intends to offer the students the possibility to perform an Earth observation mission design based on the lecture and exercise content. In particular the topics of the module Spacecraft Technology 2 to be addressed are the following:

- Mission Design (requirements, trade studies)
- Mission Geometry & Orbit Selection
- Orbit Perturbations
- Space Environment
- Satellite Payloads (typical)
- Structure & Mechanisms
- Attitude Determination and Control System
- Propulsion System
- Communication System
- Power System
- Thermal Control System

Satellite Mission Design Project:

In the project the science objectives for an Earth observation mission are defined and the overall design of this mission is developed. Specifically the interaction of the various elements of a mission design, such as instrumentation, orbit, spacecraft and launcher is considered.

Lernergebnisse:

After the successful conclusion of the module Spacecraft Technology 2 the students are able to

- understand all relevant theory and engineering tools for analysing the major elements of a typical space mission with special emphasis on the space element, namely the spacecraft itself
- understand the complex interactions between the spaceflight environment, spacecraft sub-systems and mission needs,
- analyze relevant requirements and find first order solutions for mission planning purposes
- evaluate spacecraft systems and perform basic optimizations with respect to the typical trade-offs comprising power, mass, data rate, lifetime, complexity and reliability
- evaluate the basic interactions between the design drivers for spacecraft systems, and
- implement them in the typical design processes.

Lehr- und Lernmethoden:

The module consists of a lecture, an exercise and a seminar. In the lecture, the topics are taught with the help of presentations and black board sketches. The accompanying exercises (labs) repeat and engross the crucial topics. With the help of rough calculations and rule of thumb methods, the students learn how to do first order system evaluations.

In the seminar an introduction to mission design is given by the lecturers. The student teams work independently and present their work a final presentation. Feedback to the mission design concepts is given by the lecturers either orally or in written form. Existing software is applied for orbit computations.

Medienform:

Presentation, powerpoint assistance, hand-outs, black board

Literatur:

- Lecture notes
- U.Walter, Astronautics, Wiley-VCH, ISBN 3-527-40685-9
- Further literature survey is given in the hand-out

Modulverantwortliche(r):

Walter, Ulrich; Prof. Dr.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Satellite Mission Design Project (Seminar, 1 SWS)

Gruber T [L], Gruber T, Pfaffenzeller N

Spacecraft Technology 2 - Tutorial (Übung, 1 SWS)

Gscheidle C, Rott M

Spacecraft Technology 2 (Vorlesung, 3 SWS)

Rott M, Gscheidle C

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Wahlmodule | Elective Modules

Genehmigte individuelle Wahlmodule aus TUM / LMU | Approved Personalized Elective Modules of TUM/LMU

Modulbeschreibung

BGUWAHL1: TUM Wahlmodul | TUM Elective Module

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2012/13

| | | | |
|---------------------|-----------------------|------------------------------------|------------------------|
| Modulniveau: | Sprache: | Semesterdauer: | Häufigkeit: |
| Credits:* | Gesamtstunden: | Eigenstudiums- stunden: | Präsenzstunden: |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Wiederholungsmöglichkeit:

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Inhalt:

Lernergebnisse:

Lehr- und Lernmethoden:

Medienform:

Literatur:

Modulverantwortliche(r):

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

BGU900010: Partneruniversität - Wahlmodul | Partner University - Elective Module

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2009/10

| | | | |
|---------------------|-----------------------|------------------------------------|------------------------|
| Modulniveau: | Sprache: | Semesterdauer: | Häufigkeit: |
| Credits:* | Gesamtstunden: | Eigenstudiums- stunden: | Präsenzstunden: |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Wiederholungsmöglichkeit:

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Inhalt:

Lernergebnisse:

Lehr- und Lernmethoden:

Medienform:

Literatur:

Modulverantwortliche(r):

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

BGU40064: Wissenschaftliches Schreiben - Theorie und Praxis | Scientific Paper Writing - Theory and Practice

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2020/21

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|---|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester/ Sommersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 90 | Präsenzstunden: 60 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Studierenden müssen eine wissenschaftliche Ausarbeitung einreichen (max. 5000 Wörter), die anhand einer Reihe von Standardkriterien für eine wissenschaftliche Arbeit bewertet wird. Die Studierenden zeigen mit ihren Arbeiten, dass sie die spezifischen Anforderungen einer wissenschaftlichen Arbeit, einschließlich Struktur, sachgerechter Darstellung von Informationen und Diskussion sowie die damit verbundenen Formalitäten, vertieft haben. Die Studierenden können ein Thema für ihre Arbeiten entwickeln und die Problemstellung, Ziele und Forschungsfragen formulieren. Darüber hinaus sind die Studierenden in der Lage, einen konzeptionellen Rahmen zu entwickeln, Informationen zu präsentieren, zu analysieren und Schlussfolgerungen zu formulieren. Schließlich sind die Studierenden in der Lage, die Formalitäten einer wissenschaftlichen Arbeit einschließlich korrekter Zitate, Layouts und Sprache zu erfüllen.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Inhalt:

1. Einführung in das, was eine wissenschaftliche Arbeit ausmacht und was nicht. Inwiefern unterscheidet sich eine wissenschaftliche Arbeit von einer technischen Arbeit oder einer Beratungsarbeit?
2. Literatur suchen und auswählen.
3. Technische Schreibfähigkeiten - Struktur und Elemente eines Abstracts, einer Zusammenfassung, eines Positionspapiers oder eines Aufsatzes
4. Formulierung der wichtigsten Problemstellung und Ziele für ein Forschungspapier
5. Forschungsarbeiten lesen, verstehen und überprüfen

6. Technisches Schreiben - Makroschreiben, Gliederung
7. Referenzieren und Zitieren von Literatur mithilfe von Referenzierungssoftware
8. Technisches Schreiben - Mikroschreiben und technisches Englisch
9. Technisches Schreiben - Verwendung von Frameworks in Forschungsarbeiten
10. Konstruktive Peer Reviews durchführen
11. Überarbeitung und Verbesserung wissenschaftlicher Artikel

Lernergebnisse:

Am Ende des Moduls verstehen die Studierenden die wichtigsten Schritte zur Vorbereitung, zum Schreiben, zur Überarbeitung und zum Review eines wissenschaftlichen Papers. Insbesondere können die Studierenden eine relevante Problemstellung, ein Forschungsziel und eine Schlüsselmethode für eine wissenschaftliche Arbeit formulieren und einen Entwurf für eine solche Arbeit entwerfen. Darüber hinaus können die Studierenden eine wissenschaftliche Arbeit verfassen, indem sie eine klare Argumentations-, Diskussions- und Schlussfolgerungslinie präsentieren und verfolgen. Die Studierenden können auch wissenschaftlich gültige Informationsquellen identifizieren und Referenzen in einem bestimmten Referenzstil mit einer Referenzsoftware bereitstellen. Schließlich sind die Studierenden in der Lage, in einem akademischen Umfeld zusammenzuarbeiten.

Lehr- und Lernmethoden:

Der Unterricht erfolgt durch partizipative Vorlesungen, Übungen und Feedback zu Beiträgen. Die Unterrichtsmethode umfasst Präsentationen und Gruppendiskussionen, die den Studierenden helfen, die Durchführung einer wissenschaftlichen Forschung zu verstehen.

Medienform:

Literatur:

Das Modul arbeitet mit einem Hintergrundskript, in dem verschiedene Aspekte des wissenschaftlichen Schreibens behandelt werden.

Modulverantwortliche(r):

W.T. de Vries (wt.de-vries@tum.de)

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Scientific paper writing - practical skills (Übung, 2 SWS)
de Vries W [L], de Vries W (Chaturvedi V, Dachaga W)

Scientific Paper Writing (Vorlesung, 1 SWS)

de Vries W [L], de Vries W (Dachaga W)

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

BGU45025: Ausgewählte Kapitel der physikalischen Geodäsie | Selected Topics of Physical Geodesy

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

| | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Sommersemester |
| Credits:* 3 | Gesamtstunden: 90 | Eigenstudiums- stunden: 60 | Präsenzstunden: 30 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Prüfungsleistung wird in Form einer Projektarbeit erbracht. Die Projektarbeit wird zu wechselnden ausgewählten Themen aus der Physikalischen Geodäsie (z.B. zukünftige Schwerefeldmissionen, Eismassenbilanzschätzung, Auswertung von Schwerefeld-Missionsdaten) durchgeführt. Im Rahmen der Projektarbeit ist die Ausarbeitung zweier Projektberichte und einer Präsentation durchzuführen. Mit Hilfe der Projektarbeit kann die Kompetenz zur Bearbeitung komplexer praktischer Problemstellungen aus dem Bereich der physikalischen Geodäsie überprüft werden.

Aktueller Hinweis angesichts des eingeschränkten Präsenzbetriebs auf Grund der CoViD19-Pandemie: Sofern die Rahmenbedingungen (Hygiene-, Abstandsregeln etc.) für eine Präsenzprüfung nicht vorliegen, kann gemäß §13a APSO die geplante Prüfungsform auf eine online-gestützte schriftliche oder mündliche Fernprüfung umgestellt werden. Die Entscheidung über diesen Wechsel wird möglichst zeitnah, spätestens jedoch 14 Tage vor dem Prüfungstermin durch die Prüfungsperson nach Abstimmung mit dem zuständigen Prüfungsausschuss bekannt gegeben.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

"

Es werden Grundkenntnisse zu elementaren Methoden der Satellitengeodäsie, der Erdmessung und zu globalen Bezugssystemen vorausgesetzt, welche

- im Modul ""Satellitengeodäsie"" des Bachelorstudiengangs Geodäsie und Geoinformation,
- im Modul ""Erdmessung"" des Bachelorstudiengangs Geodäsie und Geoinformation,

- im Modul "Globales Geodätisches Beobachtungssystem und GNSS" des ersten Semesters des Masterstudiengangs Geodäsie und Geoinformation vermittelt werden.
Für die praktischen Anwendungen und Übungen wird Matlab genutzt."

Inhalt:

"Vermittlung und Vertiefung von Kenntnissen (inkl. praktischer Anwendungen) ausgewählt aus aktuellen Thematiken der physikalischen Geodäsie, z. B.:

- Prozessverständnis kontinentaler Eismassen (Oberflächenmassenbilanz, Eisdynamik, gegenwärtige Veränderungsprozesse)
- Wechselwirkungen der Kryosphäre mit Ozean, Atmosphäre und Fest Erde und Auswirkungen auf die globale Geodynamik
- Design zukünftiger Schwerefeldmissionen
- Auswertung von Satellitenschwerefeldmissionsdaten.

"

Lernergebnisse:

"Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage,

- Aspekte von ausgewählten Themen der physikalischen Geodäsie und Wechselwirkungen mit anderen Erdsystemkomponenten zu verstehen,
- eigenständig fachübergreifende Aufgaben und Problemstellungen aus der physikalischen Geodäsie zu analysieren,
- unterschiedliche komplementäre Erdbeobachtungs- und Modelldaten zu analysieren,
- ausgewählte Methoden auf praxisrelevante Fragestellungen der physikalischen Geodäsie anzuwenden, und
- die Resultate zu bewerten."

Lehr- und Lernmethoden:

"Das Modul beinhaltet eine Lehrveranstaltung mit Seminarcharakter. Aufbauend auf Einführungen der Grundlagen durch den Dozenten werden in Einzel- oder Gruppenarbeit ausgewählte Projektaufgaben eigenständig geplant und durchgeführt. Neben relevanter Materialrecherche und Literaturstudium steht die Auswertung und Verschneidung von geodätischen und geophysikalischen Beobachtungen, das Bearbeiten von ausgewählten Problemen und deren Lösungsfindung, Modellbildung, Interpretation und Bewertung von Resultaten im Mittelpunkt. Für die praktischen Anwendungen und Übungen wird die Nutzung von Matlab empfohlen.

"

Medienform:

- "- Literaturrecherche
- Präsentationen (Handzettel)
- PowerPoint

"

Literatur:

- nach Absprache

Modulverantwortliche(r):

Roland Pail (pail@bv.tum.de)

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

BGU57013: Realisierung und Anwendungen globaler geodätischer Referenzsysteme | Realization and Application of Global Geodetic Reference Systems

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2023/24

| | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 3 | Gesamtstunden: 90 | Eigenstudiums- stunden: 60 | Präsenzstunden: 30 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Der Erwerb der Kompetenzen wird durch eine 20 minütige mündliche Prüfung am Ende des Semesters überprüft. In der Prüfung soll nachgewiesen werden, dass die theoretischen Grundlagen globaler Referenzsysteme verstanden wurden. Zudem wird geprüft, ob die Bedeutung hochgenauer Referenzsystemen für die Untersuchung komplexer geophysikalischer Zusammenhänge verstanden wurde. Zur Unterstützung dienen freiwillige häusliche Berechnungen, die nicht bei der Notengebung berücksichtigt werden. Die Prüfung besteht aus Fragen zur Theorie, zu den Berechnungen und zur Anwendung globaler Referenzsysteme. In der Prüfung sind keine Hilfsmittel zugelassen.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Erforderlich sind Grundlagen in Mathematik (Lineare Algebra), Kleinste-Quadrate Ausgleichung sowie Signalverarbeitung. Ferner werden Grundkenntnisse der Satellitengeodäsie vorausgesetzt, wie sie im Modul "Satellitengeodäsie" des Bachelorstudiengangs Geodäsie und Geoinformation vermittelt werden.

Inhalt:

1. Einleitung
 - Konzepte von geodätischen Referenzsystemen und ihren Realisierungen
 - Definition und Realisierung des Internationalen Terrestrischen Referenzsystems (ITRS)
2. Der globale internationale terrestrische Referenzrahmen (ITRF)

- Generelle Aspekte und Historie von ITRS Realisierungen
- Geodätische Weltraumbeobachtungstechniken als Input für die ITRF-Berechnung
- Kombinationsstrategien
- Momentane Inkonsistenzen und Herausforderungen

3. Alternative Referenzrahmen (epochenweise, regional)

- Realisierung von Epochenreferenzrahmen
- Realisierung von regionalen Referenzrahmen als Verdichtung des ITRF

4. Aktuelle Entwicklungen und Forschungsthemen

- Nicht-lineare Stationsbewegungen
- Physikalische Datumsdefinition
- Das Globale Geodätische Beobachtungssystem (GGOS)
- ITRF als Fundament für verschiedene interdisziplinäre wissenschaftliche und gesellschaftliche Anwendungen

Lernergebnisse:

Nach dem Besuch des Moduls sind die Studierenden in der Lage ...

... verschiedene geodätische Referenzsysteme zu klassifizieren (regional, global, epochenweise, mehrjährig),

... Beobachtungen der geodätischen Weltraumverfahren hinsichtlich Informationsgehalt und Genauigkeit zu beurteilen,

... die Definition und die Realisierung des ITRS-Datums zu verstehen,

... verschiedene Konzepte der ITRS-Realisierung zu beschreiben,

... Inkonsistenzen zu diskutieren und heutige Grenzen von ITRS-Realisierungen zu beurteilen,

... die Vor- und Nachteile von Epochenreferenzrahmen bzgl. Mehrjahresreferenzrahmen aufzuzeigen,

... das Potential von aktuellen Entwicklungen in Hinsicht auf die Genauigkeit von Referenzrahmen zu beurteilen,

... die Signifikanz hochgenauer Referenzrahmen für verschiedenen interdisziplinäre Anwendungen zu beschreiben,

... mit Experten anderer wissenschaftlicher Gebiete über aktuelle Fragestellungen zu diskutieren.

Lehr- und Lernmethoden:

Der Fokus liegt auf der gemeinsamen Erarbeitung des Themengebiets durch Dozenten und Studierende

- Präsentationen (PowerPoint) während des Kurses online verfügbar
- mathematische Herleitungen an der Tafel
- aktuelle wissenschaftliche Artikel zur Vertiefung des thematischen Hintergrunds
- Akzeptierte Hausarbeiten anderer Studierender
- Interaktive Diskussion zwischen den Teilnehmern und dem Dozenten zu aktuellen wissenschaftlichen Problemen

Medienform:

- Vorlesungsmanuskript/Präsentationsfolien
- wissenschaftliche Artikel/Buchkapitel
- akzeptierte Ausarbeitungen anderer Studenten

Literatur:

- Kovalevsky J., Mueller I., Kolaczek B. (1989): Reference Frames in Astronomy and Geophysics, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht
- Seeber G. (2003): Satellite Geodesy, Walter de Gruyter, Berlin
- Xu G. (2010/2013): Sciences in Geodesy-I/II, Springer, Berlin
- Plag H.-P., Pearlman M. (2009): Global Geodetic Observing System, Springer, Berlin
- ausgewählte wissenschaftliche Publikationen des Dozenten und anderer Wissenschaftler (werden im Kurs verteilt)

Modulverantwortliche(r):

Prof. Florian Seitz (florian.seitz@tum.de)

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Realisierung und Anwendungen globaler geodätischer Referenzsysteme (Vorlesung, 2 SWS)
Seitz F [L], Bloßfeld M

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

BGU67003: Prozessanalyse, Modellierung und Vorbeugung/ Schutzmaßnahmen für Alpine Naturgefahren | Process analysis, Modelling and Mitigation of Alpine Hazards [W-13]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2016/17

| | | | |
|-------------------------------|-------------------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Deutsch/Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 3 | Gesamtstunden: 90 | Eigenstudiums- stunden: 60 | Präsenzstunden: 30 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Modulprüfung ist eine schriftliche Klausur von 60 Minuten, in welcher die Studierenden nachweisen, dass sie die unterschiedlichen Prozesse, deren räumliche und zeitliche Entwicklung im globalen Umweltwandel, die ökonomische und soziale Dimension sowie verschiedene Strategien zur Prävention, Frühwarnung, Modellierung und Analyse von alpinen Naturgefahren verstanden haben und durch die Beantwortung von Wissens- und Transferfragen präzise aufzeigen/erklären können. Zudem sollen die Studierenden anhand von fallspezifischen Fragestellungen zeigen, dass sie die Ansätze zur Modellierung und Antizipation alpiner Naturgefahren selbständig bewerten können, und für ein bestimmtes Gefahrenszenario effiziente Strategien der Modellierung, Frühwarnung und Schutzmaßnahmen zu unterschiedlichen Stadien des Risikozyklus entwickeln können. Die Klausur eignet sich hier am besten, weil auch synoptische Zusammenhänge aus mehreren Gebieten der alpinen Naturgefahren analysiert, bewertet und eigene Lösungsideen entwickelt werden sollen.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Inhalt:

- Konzepte zu Naturgefahr, Risiko und Katastrophe sowie historische Fallbeispiele zur Gefahrenvorhersage
- On- und off site-Effekte durch Naturgefahren

- Die ökonomische und soziale Komponente von alpinen Naturgefahren, die Dimension von alpinen Gefahren am Beispiel Chinas
- Glaziale Gefahren (Prozesse, Modellierung, Warnung, Prävention)
- Schneelawinen (Prozesse, Modellierung, Warnung, Prävention)
- Periglaziale Gefahren (Prozesse, Modellierung, Warnung, Prävention)
- Hangbewegungen (Prozesse, Modellierung, Warnung, Prävention)
- Murgänge (Prozesse, Modellierung, Warnung, Prävention)
- Überflutungen (Prozesse, Modellierung, Warnung, Prävention)
- Waldbrände (Prozesse, Modellierung, Warnung, Prävention)
- Generelle Konzepte der Warnung, Modellierung und Frühwarnung
- Globaler Wandel in Gebirgsregionen
- Nachhaltige Gefahren- und Risikostrategien für alpine Regionen

Lernergebnisse:

- Nach dem Absolvieren des Moduls sind die Studierenden in der Lage, wissenschaftliche und angewandte Strategien für Analyse, Prozessverständnis, Antizipation und Vermeidung von alpinen Gefahren zu verstehen.
- Die Studierenden verstehen die ökonomische und soziale Dimension alpiner Gefahren.
- Die Studierenden verstehen die Prozesse nivaler, Schwerkraftbedingter, glazialer und periglazialer alpiner Naturgefahren in sich dynamisch verändernden Hochgebirgsregionen.
- Sie erinnern sich an die mechanischen und physikalischen Aspekte der Prozesse sowie stochastische Beschreibungen von Magnitude-Frequenz-Beziehungen und verstehen diese
- Die Studierenden verstehen maßstäbliche Ansätze zur Modellierung und Antizipation ausgewählter gravitationsbedingter, nivaler, glazialer und periglazialer alpiner Naturgefahren.
- Sie sind in der Lage, diese Ansätze unter Berücksichtigung des aktuell beobachteten und vorhergesagten Umweltwandels in alpinen Regionen zu bewerten.
- Die Studierenden verstehen und entwickeln nachhaltige Strategien zur Anpassung und Vermeidung in dynamischen, alpinen Regionen.
- Sie bewerten und entwickeln best-practice-Beispiele aus verschiedenen Gebirgsregionen.
- Die Studierenden sind fähig, realistische Szenarien drohender alpiner Naturgefahren zu entwickeln und das Gefahrenpotential für ausgewählte Einzugsgebiete oder Regionen im Gebirge zu bewerten.
- Sie sind dazu qualifiziert, verschiedene Typen ökonomischer und sozialer Risiken zu analysieren, die durch Multi-Risiko-Szenarien hervorgerufen werden.
- Studierende sind in der Lage, verschiedene Präventions- und Minderungsmaßnahmen zu unterschiedlichen Stadien des Risikozyklus effizient anzuwenden. Dies beinhaltet die Fähigkeit, genannte Maßnahmen bei verschiedenen Gefahren- und Verwundbarkeitsszenarien anzuwenden, um ein dynamisches und flexibles Verständnis von Gefahrenanalyse, -bewertung und -vermeidung zu entwickeln.

Zum Schluss des Kurses werden die TeilnehmerInnen Naturgefahren verstehen, die mit Schwerkraft bedingten, nivalen, glazialen und periglazialen Prozessen in dynamisch sich verändernden Gebirgsregionen verbunden sind. Dies beinhaltet physikalische und mechanische Aspekte des Prozessverständnisses sowie stochastische Beschreibungen von Frequenz-Magnitude-Beziehungen. Studierende werden anhand ausgewählter Beispiele erlernen und

verstehen, wie Schwerkraft bedingte, nivale, glaziale, periglaziale, usw. alpine Gefahren modelliert und vorhergesagt werden können. Auf diese Weise können sie best-practice-Beispiele selbstständig bewerten, um beobachtbare und prognostizierbare Umweltveränderungen und deren Auswirkungen in alpinen Räumen besser einzuschätzen. Die Studierenden werden sich dabei an nachhaltige Anpassungsstrategien in einer sich ständig verändernden Umwelt erinnern.

Lehr- und Lernmethoden:

Der Kurs besteht aus einer 90-minütigen Vorlesung pro Woche. Mithilfe von aktueller Forschungsliteratur und best-practice-Beispielen werden die Teilnehmer in das grundlegende Wissen, Fallbeispiele sowie Techniken eingeführt. Die Lernergebnisse sind kumulativ, und jedes Kursthema behandelt Prozessverständnis und -wahrnehmung sowie mögliche Minderungsstrategien. Den Studierenden werden grundlegende Daten und aktuelle Referenzen zur Verfügung gestellt, um reelle Szenarien zu untersuchen. Es werden reichlich Videos und Fotos benutzt, um die Studenten in jeden Gefahrenprozess einzuführen, Schutzmaßnahmen/Vermeidungstechniken zu veranschaulichen und mögliche Ergebnisse der einzelnen Techniken darzustellen. Diese Herangehensweise ist notwendig, um die einzelnen Risikoaspekte zu verstehen, die mit Naturgefahren in schlecht zugänglichen alpinen Regionen verbunden sind.

Medienform:

Power-Point-Präsentation, Videos, Tafelanschrift, Handouts mit den wichtigsten Diagrammen und Tabellen.

Literatur:

Allgemeine Bücher:

Smith, K and Petley, D. (2009). Environmental hazards – assessing risk and reducing disaster. Routledge, London.

Bryant, E. (2005). Natural hazards. Cambridge University Press, New York.

Glade, Albini and Francés (ed.), 2001. The use of historical data in natural hazard assessment. Kluwer, Dordrecht. Birkmann (ed.), 2006. Measuring vulnerability to natural hazards. United Nations University Press, 2006

Huber, Bugmann and Reasoner (eds.), 2005. Global Change and Mountain Regions. Springer, Dordrecht. (Da 271)

Darüber hinaus: Anderson, M.G. and K.S. Richards (1987). Slope stability: geotechnical engineering and geomorphology, Wiley.

Brunsdon, D. and D. Prior (1984): Slope Instability. Wiley, Chichester.

Dikau, R., Brunsdon, D., Schrott, L. and M. Ibsen, 1996, Landslide recognition: Identification, movement, and causes, Wiley, Chichester.

Erismann, T. H., and G. Abele (2001): Dynamics of Rockslides and Rockfalls. Springer, Heidelberg.

Evans, S., Mugnozza, G. S., Strom, A., and R. L. Hermanns (2006). Landslides from Massive Rock Slope Failure. NATO Science Series IV: Earth and Environmental Sciences, Springer, Amsterdam.

Puzrin, A.M., Alonso, E.E., Pinyol, N. (2010). Geomechanics of failures. Springer, Dordrecht.

Smith and D.N. Petley (2009): Environmental hazards – assessing risk and reducing disasters. Routledge, New York.

Turner, A. K. & Schuster, R. L. (1996): Landslides: Investigation and Mitigation. – 673 S., Special Report 247, Transportation Research Board, National Research Council, Washington (National Academy Press).

Wyllie, D.C. and C.W. Mah (2004): Rock Slope Engineering: Civil Mining. Spon Press. London 2004. (formerly Hoek&Bray)

Zamann, M., Gioda, G., and Booker, J.: Modelling in Geomechanics, Wiley, Chichester, 2000.

Weitere Literatur für Sitzungen 1-13:

1. Evans, S.G. (2005): Single-Event Landslides Resulting from Massive Rock Slope Failure: Characterising their frequency and impact on the Society, in: Large Rock Slope Failures, edited by: Evans, S., Kluwer, Rotterdam (Nato Science Series). Hewitt, K., Clague, J.J., Orwin, J.F., 2008.

Legacies of catastrophic rock slope failures in mountain landscapes. Earth-Sci. Rev. 87(1-2), 1-38.

2. Varnes, D. J. 1978. Slope movement types and processes. In: Special Report 176: Landslides: Analysis and Control (Eds: Schuster, R. L. & Krizek, R. J.). Transportation and Road Research Board, National Academy of Science, Washington D. C., 11-33.

3/4 Erismann, T. H., and Abele, G. (2001): Dynamics of Rockslides and Rockfalls. Springer, Heidelberg. Chapters 2-5.

Barton, N., and Choubey, V.: The shear strength of rock joints in theory and practise, Rock Mech., 10, 1-54, 1977.

5. Ortiago, J. and Sayao, A.: Handbook of Slope Stabilisation, Springer, Berlin, 2004.

Modulverantwortliche(r):

Michael Krautbaltter (m.krautblatter@tum.de)

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Prozessanalyse, Modellierung und Vorbeugung/Schutzmaßnahmen für Alpine Naturgefahren (Vorlesung, 2 SWS)

Eppinger S, Krautblatter M, Rimböck A, Scandroglia R

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

BV300002: Geostatistik und Geomarketing | Geostatistics and Geomarketing

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

| | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 3 | Gesamtstunden: 90 | Eigenstudiums- stunden: 60 | Präsenzstunden: 30 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

The examination consists of a written exam of 60 min in total (100%) at the end of the semester. The students have to answer to the questions with own formulations partially they have to sketch issues or circumstances. No auxiliary materials are permitted within the written exam.

The written exam gives the proof that the students have understood, can reflect and can apply statistical methods to spatial data and that they can adapt their skills under time pressure to create visualizations for geomarketing aspects using a combination of spatial and non-spatial data.

Note in view of the limitations on university operations as a result of the CoVID19 pandemic: If the basic conditions (hygiene, physical distance rules, etc.) for a classroom-based examination cannot be met, the planned form of examination can be changed to a written or oral online examination in accordance with §13a APSO. The decision about this change will be announced as soon as possible, but at least 14 days before the date of the examination by the examiner after consultation with the board of examiners of the respective study program.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Inhalt:

Lernergebnisse:

Lehr- und Lernmethoden:

Medienform:

Literatur:

Modulverantwortliche(r):

Liqiu Meng, liqiu.meng@tum.de

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Geostatistik und Geomarketing (Übung, 2 SWS)

Meng L [L], Divanis A, Murphy C

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

BV450022: Fachübergreifendes Projekt | Interdisciplinary Project

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

| | | | |
|-------------------------------|-------------------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Deutsch/Englisch | Semesterdauer: Zweisemestrig | Häufigkeit: Sommersemester |
| Credits:* 6 | Gesamtstunden: 180 | Eigenstudiums- stunden: 90 | Präsenzstunden: 90 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Prüfungsleistung wird in Form einer Projektarbeit erbracht. Die Projektarbeit beinhaltet die Projektphasen Erarbeitung von Grundlagen zu einer ausgewählten interdisziplinären Problemstellung, Planung, Datenakquisition/Messkampagne, Ausarbeitung, Präsentation und Dokumentation. Im Rahmen der Projektarbeit ist die Ausarbeitung eines Projektberichts im Umfang von 30-40 Seiten und einer Präsentation von 20-30 Minutes durchzuführen, die am Ende des zweiten Semesters dieses zweisemestrigen Moduls abzuliefern sind. Mit Hilfe der Projektarbeit kann die Kompetenz zur Bearbeitung komplexer praktischer interdisziplinärer Problemstellungen, der Projektplanung, der praktischen Anwendung von Messinstrumenten, der Analyse realer Messdatensätze, der Bewertung von Ergebnissen und der Entwicklung von Modellen überprüft werden. Durch die Präsentation weisen die Studierenden nach, dass sie den Themenbereich des Fachübergreifenden Projekts tief durchdrungen haben und in der Lage sind, dieses Thema vor dem Hintergrund der fachlichen Disziplin zu reflektieren. Außerdem weisen die Studierenden mit der Präsentation nach, dass sie ihre erarbeiteten Ergebnisse einem Fachpublikum verständlich präsentieren und vor diesem verteidigen können.

Aktueller Hinweis angesichts des eingeschränkten Präsenzbetriebs auf Grund der CoViD19-Pandemie: Sofern die Rahmenbedingungen (Hygiene-, Abstandsregeln etc.) für eine Präsenzprüfung nicht vorliegen, kann gemäß §13a APSO die geplante Prüfungsform auf eine online-gestützte schriftliche oder mündliche Fernprüfung umgestellt werden. Die Entscheidung über diesen Wechsel wird möglichst zeitnah, spätestens jedoch 14 Tage vor dem Prüfungstermin durch die Prüfungsperson nach Abstimmung mit dem zuständigen Prüfungsausschuss bekannt gegeben.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Es werden Kompetenzen vorausgesetzt, welche in Modulen zu den im Fachübergreifenden Projekt beteiligten Geodäsie-Fachbereichen des Bachelorstudiengangs Geodäsie und Geoinformation und des Masterstudiengangs Geodäsie und Geoinformation vermittelt werden.

Inhalt:

Ausgewähltes aktuelles Thema, welches mehrere Fachbereiche der Geodäsie berührt.

Lernergebnisse:

"Das Fachübergreifende Projekt wird von zwei oder mehr Lehrstühlen der Geodäsie ausgegeben und betreut. Die Studierenden sollen ein interdisziplinäres geodätisches Thema aus der aktuellen Forschung einzeln oder im Team bearbeiten. Nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung sind die Studierenden in der Lage,

- ein ausgewähltes aktuelles und fächerübergreifendes Thema selbstständig oder im Team zu analysieren,
- die entsprechende Fachliteratur anzuwenden,
- verschiedene Methoden zur Lösung der Problemstellung zu bewerten,
- vorhandene Lösungsansätze in praktischen Versuchen zu bewerten,
- eigene Lösungsansätze zu entwickeln,
- die erarbeiteten Ergebnisse in einem Projektbericht und einem Projektvortrag zu verteidigen.

"

Lehr- und Lernmethoden:

In ausgewählten Aufgabenstellungen werden alle Phasen eines Projekts durchlaufen, d.s. selbständige Literatur- und Softwarerecherche, Projektplanung, Erarbeitung von Problemlösungsansätzen, Datenerhebung, Ausarbeitung, Dokumentation und Verteidigung der Ergebnisse. Dabei steht eine eigenständige Bearbeitung von Problemen und deren Lösungsfindung steht im Vordergrund. Hierzu steht Bearbeitungszeit im Rahmen der Veranstaltung zur Verfügung. Die Ergebnisse sollen aufbereitet und in Form von Berichten und Präsentationen dargestellt werden.

Medienform:

- "- Literaturrecherche
- Präsentationen"

Literatur:

- nach Absprache

Modulverantwortliche(r):

Roland Pail (pail@bv.tum.de)

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

BV450023: Fachübergreifendes Projekt | Interdisciplinary Project

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

| | | | |
|-------------------------------|-------------------------------------|--|---|
| Modulniveau: Master | Sprache: Deutsch/Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester/ Sommersemester |
| Credits:* 3 | Gesamtstunden: 90 | Eigenstudiums- stunden: 45 | Präsenzstunden: 45 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Prüfungsleistung wird in Form einer Projektarbeit erbracht. Die Projektarbeit beinhaltet die Projektphasen Erarbeitung von Grundlagen zu einer ausgewählten interdisziplinären Problemstellung, Planung, Datenakquisition/Messkampagne, Ausarbeitung, Präsentation und Dokumentation. Im Rahmen der Projektarbeit ist die Ausarbeitung eines Projektberichts im Umfang von 30-40 Seiten und einer Präsentation von 20-30 Minutes durchzuführen, die am Ende des Semesters abzuliefern sind. Mit Hilfe der Projektarbeit kann die Kompetenz zur Bearbeitung komplexer praktischer interdisziplinärer Problemstellungen, der Projektplanung, der praktischen Anwendung von Messinstrumenten, der Analyse realer Messdatensätze, der Bewertung von Ergebnissen und der Entwicklung von Modellen überprüft werden. Durch die Präsentation weisen die Studierenden nach, dass sie den Themenbereich des Fachübergreifenden Projekts tief durchdrungen haben und in der Lage sind, dieses Thema vor dem Hintergrund der fachlichen Disziplin zu reflektieren. Außerdem weisen die Studierenden mit der Präsentation nach, dass sie ihre erarbeiteten Ergebnisse einem Fachpublikum verständlich präsentieren und vor diesem verteidigen können.

Aktueller Hinweis angesichts des eingeschränkten Präsenzbetriebs auf Grund der CoViD19-Pandemie: Sofern die Rahmenbedingungen (Hygiene-, Abstandsregeln etc.) für eine Präsenzprüfung nicht vorliegen, kann gemäß §13a APSO die geplante Prüfungsform auf eine online-gestützte schriftliche oder mündliche Fernprüfung umgestellt werden. Die Entscheidung über diesen Wechsel wird möglichst zeitnah, spätestens jedoch 14 Tage vor dem Prüfungstermin durch die Prüfungsperson nach Abstimmung mit dem zuständigen Prüfungsausschuss bekannt gegeben.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Es werden Kompetenzen vorausgesetzt, welche in Modulen zu den im Fachübergreifenden Projekt beteiligten Geodäsie-Fachbereichen des Bachelorstudiengangs Geodäsie und Geoinformation und des Masterstudiengangs Geodäsie und Geoinformation vermittelt werden.

Inhalt:

Ausgewähltes aktuelles Thema, welches mehrere Fachbereiche der Geodäsie berührt.

Lernergebnisse:

"Das Fachübergreifende Projekt wird von zwei oder mehr Lehrstühlen der Geodäsie ausgegeben und betreut. Die Studierenden sollen ein interdisziplinäres geodätisches Thema aus der aktuellen Forschung einzeln oder im Team bearbeiten. Nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung sind die Studierenden in der Lage,

- ein ausgewähltes aktuelles und fächerübergreifendes Thema selbstständig oder im Team zu analysieren,
- die entsprechende Fachliteratur anzuwenden,
- verschiedene Methoden zur Lösung der Problemstellung zu bewerten,
- vorhandene Lösungsansätze in praktischen Versuchen zu bewerten,
- eigene Lösungsansätze zu entwickeln,
- die erarbeiteten Ergebnisse in einem Projektbericht und einem Projektvortrag zu verteidigen.

"

Lehr- und Lernmethoden:

In ausgewählten Aufgabenstellungen werden alle Phasen eines Projekts durchlaufen, d.s. selbständige Literatur- und Softwarerecherche, Projektplanung, Erarbeitung von Problemlösungsansätzen, Datenerhebung, Ausarbeitung, Dokumentation und Verteidigung der Ergebnisse. Dabei steht eine eigenständige Bearbeitung von Problemen und deren Lösungsfindung steht im Vordergrund. Hierzu steht Bearbeitungszeit im Rahmen der Veranstaltung zur Verfügung. Die Ergebnisse sollen aufbereitet und in Form von Berichten und Präsentationen dargestellt werden.

Medienform:

- "- Literaturrecherche
- Präsentationen"

Literatur:

- nach Absprache

Modulverantwortliche(r):

Roland Pail (pail@bv.tum.de)

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

BV610018: Navigation mit INS und GNSS | Navigation with INS and GNSS

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

| | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Sommersemester |
| Credits:* 3 | Gesamtstunden: 90 | Eigenstudiums- stunden: 45 | Präsenzstunden: 45 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Prüfungsform: Wissenschaftliche Ausarbeitung

Der Leistungsnachweis wird im Laufe des Semesters während der Präsenzzeit durch schriftliche wissenschaftliche Ausarbeitungen zu den praktischen Übungsaufgaben erbracht. Zu vorgegebenen Fragestellungen sollen die Studierenden geeignete Experimente zur Nutzung gekoppelter Sensorsysteme entwickeln und die Resultate diskutieren. Hierzu sind insbesondere geeignete Methoden zur Bewertung der Genauigkeit der berechneten Lösungen heranzuziehen. Die Ausarbeitungen werden in kleinen Gruppen erarbeitet, wobei jeweils mindestens eine Gruppe ihre Resultate in einer Kurzpräsentation vorstellt.

Die Ausarbeitungen erlauben die Überprüfung der Kompetenz zur Beurteilung verschiedener Analysekonzepte und Fehlereinflüsse in verschiedenen GNSS und INS Positionierungsanwendungen anhand der Analyse, Interpretation und schriftlichen Darstellung der Resultate. Anhand der Kurzpräsentationen kann in beiden Veranstaltungen durch individuelles Nachfragen die Kompetenztiefe in der Entwicklung von Messkonzepten für gekoppelte Sensorsysteme und deren Anwendung im Feld der einzelnen Gruppenmitglieder festgestellt werden.

Aktueller Hinweis angesichts des eingeschränkten Präsenzbetriebs auf Grund der CoViD19-Pandemie: Sofern die Rahmenbedingungen (Hygiene-, Abstandsregeln etc.) für eine Präsenzprüfung nicht vorliegen, kann gemäß §13a APSO die geplante Prüfungsform auf eine online-gestützte schriftliche oder mündliche Fernprüfung umgestellt werden. Die Entscheidung über diesen Wechsel wird möglichst zeitnah, spätestens jedoch 14 Tage vor dem Prüfungstermin durch die Prüfungsperson nach Abstimmung mit dem zuständigen Prüfungsausschuss bekannt gegeben.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Es werden Grundkenntnisse zu den geodätischen Raumverfahren und zu GNSS vorausgesetzt, welche

- im Modul "Erdmessung: Physikalische Geodäsie" des Bachelorstudiengangs Geodäsie und Geoinformation, sowie
 - im Modul "Globales Geodätisches Beobachtungssystem und GNSS" des ersten Semesters des Masterstudiengangs Geodäsie und Geoinformation vermittelt werden.
- Matlab-Grundkenntnisse.

Inhalt:

Vorlesung und praktische Projektarbeiten zu den Themenbereichen

- Mathematische Grundlagen der Trägheitsnavigation
- Sensorik und Sensorkonzepte
- Kalibrierung von Trägheitssensoren
- kinematische Positionierung mit GNSS
- Kalman-Filter und Sensorintegration
- Auswertung kombinierter INS/GNSS Messungen

Lernergebnisse:

Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen

- sind die Studierenden in der Lage, eigenständig Konzepte für praktische Messaufgaben zu entwickeln;
- sind die Studierenden in der Lage, Sensortechniken im Feld einzusetzen und die sich ergebenden Messungen eigenständig auszuwerten;
- sind die Studierenden in der Lage, gekoppelte Sensorsysteme einzusetzen, die Ergebnisse zu kombinieren und zu interpretieren.

Lehr- und Lernmethoden:

In der Veranstaltung werden Problematik und Ziele der ausgewählten praxisnahen Aufgaben sowie Geräte und Softwarekomponenten vorgestellt. Theoretische Konzepte werden in kurzen Vorlesungsblöcken vermittelt. In Gruppen bearbeiten die Studierenden die Projektaufgaben. Dabei lernen sie, eigenständig gekoppelte Sensorsysteme im Feld für unterschiedliche Messaufgaben einzusetzen und hierzu angepasste Konzepte zu entwickeln. Die Resultate der Übungen und deren Interpretation werden in kurzen seminarartigen Präsentationen vorgestellt. Zu den Präsentationen und Ausarbeitungen erhalten die Studierenden Feedback, um Ihre Leistungen einzuschätzen und zu verbessern.

Medienform:

- Präsentationen zu den einzelnen Projektaufgaben in elektronischer form
- Übungsblätter

Literatur:

- Jekeli Ch. (2001) Inertial Navigation Systems with Geodetic Applications. De Gruyter.

- Wendel J. (2007) Integrierte Navigationssysteme. Oldenbourg.
- Hofmann-Wellenhof B., K. Legat, M. Wieser (2003) Navigation Principles of Positioning and Guidance. Springer.
- Torge W. (2003) Geodäsie. De Gruyter.
- Gerätehandbücher

Modulverantwortliche(r):

Urs Hugentobler (urs.hugentobler@bv.tum.de)

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

ED110027: Geosensornetzwerke und das Internet der Dinge | Geo Sensor Networks and the Internet of Things

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2022

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Sommersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 90 | Präsenzstunden: 60 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Modulleistung wird in Form einer Projektarbeit überprüft, die in Kleingruppen durchgeführt wird. Die Beurteilung erfolgt in drei mündlichen Vorträgen, einer Kick-off-, einer Zwischen- und einer Endpräsentation, sowie einem abschließenden schriftlichen Bericht zur Projektarbeit (15 Seiten). Die Präsentationen sind geeignet, die während der Projektarbeit erworbenen Kompetenzen zu überprüfen. Durch die Vorträge mit anschließender Diskussion soll die kommunikative Kompetenz bei der Darstellung von eigenen Entwicklungsergebnissen vor einer Zuhörerschaft überprüft werden. Durch den Projektbericht soll überprüft werden, inwieweit die Studierenden in der Lage sind, Ergebnisse schriftlich zusammenzufassen, bzw. eigene Forschungs- und Entwicklungsergebnisse zu dokumentieren.

Die Bearbeitung des Projekts erfolgt außerhalb der Präsenzstundenzeit. Die Studierenden müssen nachweisen, dass Sie in der Lage sind, ein Projekt aus dem Themenfeld des Internets der Dinge (IoT) und Geosensornetzwerke selbstständig bis hin zu einer fertigen IoT-Anwendung zu entwickeln.

Die Gewichtung der Gesamtnote ergibt sich wie folgt: Vorträge (Kick-off-, Zwischen- und Endpräsentation) 30% und Bericht zur Projektarbeit (inkl. Beurteilung der Erreichung der Projektziele) 70%.

Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Es werden grundlegende Programmierkenntnisse vorausgesetzt, wie sie im ersten und zweiten Semester in den Veranstaltungen „Informatik I“ und „Informatik II“ des Bachelorstudiengangs Geodäsie und Geoinformation bzw. Umweltingenieurwesen vermittelt werden. Kenntnisse in der Programmierung mit C++, JavaScript, HTML, CSS, Python, SQL, etc., sowie der Umgang mit Web Services sind von Vorteil, jedoch nicht zwingend erforderlich.

Inhalt:

Der Fokus des Moduls liegt auf der Vermittlung von Kompetenzen zur Analyse, Konzeptentwicklung und Implementierung von IoT-Projekten, bei denen mittels Sensoren Daten erhoben werden, die mit Hilfe von verschiedenen Netzwerktechnologien ins Internet übertragen werden und mit offenen Standards für Geosensornetzwerke verwaltet, visualisiert und analysiert werden.

Die Veranstaltung beinhaltet eine Einführung in IoT-Hardware. Es werden Microcontroller, eine Reihe von Sensoren, Aktoren und Indikatoren und die gängigsten Protokolle für die Kommunikation zwischen Controllern und Peripheriegeräten vorgestellt. Weiterhin wird auf Kommunikationshardware und Protokolle von Microcontrollern eingegangen. Der Fokus liegt hier auf der Low Power Wide Area Funknetztechnologie LoRa und dem LoRaWAN Protokoll. Für die Verwaltung der Sensordaten werden die Grundlagen von interoperablen, offenen Standards für Geosensornetzwerke (u.a. OGC Sensor Web Enablement und SensorThings API) vermittelt und standardkonforme Dienste und Protokolle eingesetzt. Zudem werden Methoden und Werkzeuge für die Visualisierung und Analyse von Zeitreihendaten im Rahmen der Veranstaltung vorgestellt und eingesetzt.

Lernergebnisse:

Nach dem erfolgreichen Absolvieren des Modules sind die Studierenden in der Lage, ...

- grundlegende Methoden und Technologien des Internets der Dinge, der Geosensornetzwerke und ihren Anwendungen zu erklären,
- ausgewählte IoT-Projekte und Fragestellungen zu Geosensornetzwerken selbst zu entwickeln, prototypisch umzusetzen und zu dokumentieren,
- die selbsterarbeiteten Ergebnisse in wissenschaftlicher Form vor einer Zuhörerschaft zu präsentieren und darüber zu argumentieren.

Lehr- und Lernmethoden:

In den ersten Wochen der Veranstaltung werden Vorlesungen zur Vermittlung der theoretischen Grundlagen des Internets der Dinge (Hardware, Protokolle) und von Geosensornetzwerken eingesetzt. Parallel erhalten die Studierenden die Projekthardware und werden in Form von praktischen Übungen mit den Betreuern in die Installation und Programmierung der Komponenten eingeführt.

Anschließend entwickeln die Studierenden selbstständig ein Konzept für die Implementierung eigener Projekte in Kleingruppen. Die Betreuung der Projektarbeiten erfolgt in wöchentlichen Tutorienstunden mit den Tutoren und Dozenten.

Medienform:

Vorlesungen, Präsentationen, Spezialhardware, Spezialsoftware

Literatur:

Wird zu Beginn der Veranstaltung bekannt gegeben

Modulverantwortliche(r):

Prof. Dr. Thomas Kolbe

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

ED110102: Entwurf von Radarsystemen | Radar Systems Design [RSD]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2023

| | | | |
|--|-----------------------------|--|--------------------------------|
| Modulniveau: Bachelor/Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Einmalig |
| Credits:* 3 | Gesamtstunden: 90 | Eigenstudiums- stunden: 60 | Präsenzstunden: 30 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Modulleistung wird anhand einer schriftlichen Prüfung am Ende des Semesters und vier Übungsleistungen, in Form von Hausaufgaben, über die Dauer der Vorlesung erbracht.

Die vorlesungsbegleitenden Hausaufgaben werden den Studenten im Laufe des Semesters gestellt und müssen nach der Aufgabenstellung innerhalb von zwei Wochen bearbeitet und abgegeben werden. Die Hausaufgaben werden benotet und gehen mit einer Gewichtung von 30% in die finale Note ein.

Die schriftliche Prüfung wird am Ende des Semesters durchgeführt. In 90 min Prüfungszeit müssen die Studierenden Fragestellungen zu den in der Vorlesung behandelten Themen beantworten. Es sind alle analogen Hilfsmittel erlaubt (keine elektronischen Hilfsmittel).

Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

(Empfohlene) Voraussetzungen:

ED180006 Grundlagen der Technischen Elektrizitätslehre

MW9998 Modellierung von Unsicherheiten und Daten im Maschinenwesen

Inhalt:

Einführung in Avionik- und Radarsysteme.

Entwicklung der Radargleichung ohne und mit Verlusten, sowie mit Rauschen. Vorstellung der verschiedenen Radar-Typen, deren charakteristischen Gleichungen, deren charakteristische Eigenschaften und Parameter,

Die Verwendung von Pulskompression und Matched Filter für eine verbesserte Radarauflösung wird vorgestellt.

Die Detektions- und Falschalarmwahrscheinlichkeiten des Radarsystems werden, in der Anwesenheit von Rauschen, für verschiedene Zielcharakteristika hergeleitet.

Vorstellung der Messmethoden für die Bestimmung von Entfernung, Geschwindigkeit, sowie Azimut- und Elevationswinkel zum Ziel.

Beschreibung der Haupt-Bestandteile eines Radarsystems (Transmitter, Antenne, Empfänger, Signalprozessor), deren Technologie und Kosten.

Lernergebnisse:

Nach dem erfolgreichen Abschluss des Kurses sind die Studierenden in der Lage Methoden für die Berechnung und Bewertung der Leistung von Radarsystemen anzuwenden.

Nach dem erfolgreichen Abschluss des Kurses sind die Studierenden in der Lage die Detektionswahrscheinlichkeit von verschiedenen Zielen für unterschiedliche Radarsysteme zu analysieren und zu bewerten.

Lehr- und Lernmethoden:

Die Vorlesung wird mit PowerPoint-Folien präsentiert, die textliche, mathematische und visuelle Darstellungen des Vorlesungsinhalts bieten. Die visuellen Präsentationen umfassen Grafiken sowie ausgewähltes Videomaterial.

Medienform:

PowerPoint Folien und Videos.

Literatur:

Skolnik M., Introduction to Radar Systems, New York, McGraw-Hill, 3rd Edition, 2001

Mahafza B. R., Radar Systems Analysis and Design Using MATLAB ,3rd Edition, CRC Press, 2013

Modulverantwortliche(r):

Holzapfel, Florian; Prof. Dr.-Ing.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

ED110105: Spacecraft Design - Grundlagen | Spacecraft Design - Fundamentals [SCD-F]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Sommersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 90 | Präsenzstunden: 60 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

The examination consists of a project report accompanied by a final presentation. Grading is based on the report submitted at the end of the semester and the final presentation.

By preparing this report, the students shall verify that they have understood the design process for spacecraft as well as the main trade-offs that must be considered within this process. Hereby, they shall show their ability to understand given requirements and their impact on the subsystems. The report shall also summarize the design and sizing of the subsystems as well as its functioning principles and key parameters to verify the student's ability to document their engineering work in an appropriate written form.

Students are evaluated for their individual performance as well as for the overall performance of their team according to the following distribution, recognising the importance of teamwork in industry.

The evaluation criteria are the following:

1. Mission statement fulfilment – The spacecraft shall be properly specified considering the given mission statement.
2. Mission concept ideas – The spacecraft concept shall include all key considerations coming from basic engineering constraints and mission technical feasibility.
3. Technical accuracy and coherence – The spacecraft design shall consider all relevant subsystem interdependences and trade-offs, and correctly account for all applicable engineering first principles as discussed in class.
4. Writing and Presentation - How well the student communicates the results of the project work in writing and in the presentation.

Report

The handed reports are expected to fulfil all the following items:

- Cover all the important design points.

- Provide a sound discussion of the decisions and trade-offs.
- Account for all relevant engineering 1st principles and subsystem interdependences.
- Accuracy and professionally curated.
- Conciseness.

Presentation

The delivered presentations are expected to fulfil all the following items:

- Mention all major aspects covered by the report.
- Deliver the necessary content to demonstrate mission technical feasibility at phase 0/A level.
- Conciseness.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Introduction to Spaceflight

Inhalt:

The lecture course consists of 13 lectures:

- 1 What is spacecraft design?
- 2 Requirements Engineering and Space Mission Lifecycle
- 3 Orbital Mechanics I
- 4 Orbital Mechanics II
- 5 Space Payload Design and Sizing
- 6 Power and Thermal
- 7 Constellation design and Ground Segment
- 8 Attitude Determination and Control
- 9 TTC and Comms
- 10 Structures and Configurations
- 11 Propulsion
- 12 Cost Engineering
- 13 Space Industry Overview

Lernergebnisse:

On successful completion of this module, students will be able to:

- LO1 – Have a comprehensive understanding of the design of satellite subsystems, including functional and performance measurements.
- LO2 – Select appropriate launch systems and understand their impact on satellite design.
- LO3 – Evaluate spacecraft subsystem performance and engineering trade-offs.
- LO4 – Estimate space mission lifecycle costs using grassroots analogy-based, and parametric methods.
- LO5 – Communicate effectively technical results to a large audience.
- LO6 – Work in teams to achieve common goals.

Lehr- und Lernmethoden:

The module consists of two courses: a lecture and an exercise. The lecture course consists of multiple lectures, which are both multimedia-supported and interactive. The exercise course consists of a design project. This project entails the design of a spacecraft by students in groups of 3-10 (depending on total class size). The lecture course progressively introduces the essential knowledge for a comprehensive understanding of the design of satellite subsystems, including functional and performance measurements, the selection of appropriate launch systems, the evaluation of spacecraft subsystems and the estimation of space mission lifecycle cost.

The module includes relevant guest lectures giving students insight on the current trends and work in the industry.

In addition to lectures by the staff, the students are given access to a library of short videos ("knowledge nuggets") on essential topics to function as introduction of basic knowledge as well as recapitulation. The library is shared across all classes of the chair.

During the exercise course, knowledge from lectures is applied on a project targeting the design of a spacecraft with focus on the subsystems. The projects developed by students during the exercise course are presented in sessions of final presentations.

Medienform:

Presentation (PowerPoint, Video Recorded Lecture, Mentimeter, Kahoot!, ...),
eLearning (Moodle),
Practical Work (Chair Laboratory),
Research Papers (where applicable)

Literatur:

Wertz, J.R., Everett, D.F., and Puschell, J.J. "Space Mission Engineering: The New SMAD", Space Technology Library, 2011

Modulverantwortliche(r):

Aliakbargolkar, Alessandro; Prof. Dr. phil.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

ED110106: Systems Engineering - Grundlagen | Systems Engineering - Fundamentals [SE-F]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2023

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 90 | Präsenzstunden: 60 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

The examination consists of a report, in which the students will summarise the project results, such as system architecture, requirements, model descriptions or other relevant materials to show their work.

The report is supplemented by a presentation between 5 and 10 minutes per group, where the project results are presented to the class. Each group member is required to present.

The grade is as follows:

Presentation - 25%

Report - 75%

The reports should be concise and written in a paper style, not exceeding 5 pages per student or 15 pages total. A template (LaTeX or Word) providing a formatting framework will be provided upon request, although no specific formatting guidelines exist. In addition, the students will be supplied with a list of questions hinting at the contents of the final report, instead of being given a sample structure, to allow students to choose a report structure appropriate to their project results. In case of group work, students are required to mark their individual contributions.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

none

Inhalt:

- 1 Introduction to Systems Engineering and the SE Project
- 2 Introduction to Systems Architecture

- 3 Project Formulation
- 4 System Life Cycle Management
- 5 Operations
- 6 Trade-Offs and Complexity I
- 7 Trade-Offs and Complexity II
- 8 System Modeling I
- 9 System Modeling II
- 10 Risk Management
- 11 Project Management - Basics
- 12 System Verification and Validation

Lernergebnisse:

On successful completion of this module, students should be able to:

LO 1 - Describe and discuss the main tools and processes of systems engineering

LO 2 - Identify the main project stakeholders and derive requirements from stakeholder needs

LO 3 - Conduct trade-off analyses and simple systems architecture studies during the early stages of a design project

LO 4 - Discuss system modelling techniques and apply selected techniques on engineering systems

LO 5 - Discuss and tailor a systems engineering approach to manage an engineering project across its lifecycle

LO 6 - Communicate effectively technical results to a large audience.

LO 7 - Cooperate as a team to achieve common goals.

Lehr- und Lernmethoden:

The module is divided into two complementary parts: Part 1 consists of a series of lectures and a systems engineering (SE) project, part 2 of exercises that explore concepts of the lecture and give aid in achieving the goals for the (SE) project.

In this module, students are given an overview over the most important concepts in Systems Engineering both as a scholarly field and in its real-life applications, starting from the main tools and processes of systems engineering and the identification of the main stakeholders and the derivation of requirements from stakeholder needs. The classes then detail the theory and practice behind conducting trade-off analyses and simple architecture studies on engineering systems as well as the application of modeling techniques and how to apply them to the system. To achieve this, the students are given the opportunity to apply those concepts and skills in an SE project, where SE tools are applied to an engineering system of choice. The entire chain of the systems engineering process is covered, with a focus on the classical early project phases and the management of engineering projects across their lifecycle. The distinction will also be made for a Systems Engineering process for a large organisation as well as more Agile methods more in use in early-stage start-ups. Understanding of techniques for these phases will be shown by completing the SE project.

Students will gain mastery of the following: Analysis of requirements—decomposition of system requirements to subsystems; introduction to project management and trade-space exploration as well as an introduction to modeling of systems and possible tools used.

As part of the SE project, the students will be organised in small groups, each group choosing an engineering system (e.g. space, automotive, aeronautical, ...). The groups will then apply the SE knowledge to the analysis of the chosen system. For this, the students will be given a choice between systems to work with and a choice of tasks related to the course material. A certain subset must be completed to finish the project successfully.

Examples may be:

- Comprehensively describe the system architecture and relevant interfaces;
 - Perform a functional analysis of the chosen system and enumerate viable system alternatives and benchmark them compared to the baseline by proposing relevant and appropriate Figures of Merit (FOMs);
 - Perform a stakeholder analysis for the chosen system;
- To allow for student ideas in how to apply SE knowledge, the list may be extended – possibilities added to the list will be open to all students.

In addition, students can choose to submit a report (3-5 pages) on an additional topic to obtain a grade bonus of 0,3. This additional work is voluntary and, once completed, is applied until the next cycle where the class is held again.

They will be required to organise between themselves in each group to tackle all the needed specific tasks while ensuring that the overall work is complete.

Medienform:

Presentation (PowerPoint, Mentimeter, Kahoot!, ..)
Current Research Papers where applicable
E-Learning-Course (Moodle)

Literatur:

National Aeronautics and Space Administration, "NASA Systems Engineering Handbook".
Washington DC, USA, 2017.

Modulverantwortliche(r):

Aliakbargolkar, Alessandro; Prof. Dr. phil.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Systems Engineering - Fundamentals - Lecture (Vorlesung, 2 SWS)
Aliakbargolkar A [L], Aliakbargolkar A, Sindermann J, Messina V, Garcia Alarcia R

Systems Engineering - Fundamentals - Exercise (Übung, 2 SWS)
Sindermann J [L], Aliakbargolkar A, Sindermann J, Messina V, Garcia Alarcia R
Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

EI71018: Machine Learning for Communications | Machine Learning for Communications

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2017/18

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 90 | Präsenzstunden: 60 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Inhalt:

Lernergebnisse:

Lehr- und Lernmethoden:

Medienform:

Literatur:

Modulverantwortliche(r):

Kramer, Gerhard

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Machine Learning for Communications (Vorlesung mit integrierten Übungen, 4 SWS)

Kramer G, Lentner Ibanez J (Diedolo F), Wiegart T

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

EI71026: Robot and Swarm Navigation | Robot and Swarm Navigation [RSNAV]

Robot and Swarm Navigation

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2018

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Sommersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 90 | Präsenzstunden: 60 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

In einer mündlichen Prüfung von 30 Minuten sollen die Studierenden die Komponenten eines Navigationssystems für einen Schwarm von Robotern konzipieren, beispielsweise durch die Aufsetzung eines Signalmodells, die Identifikation und Anwendung von Bayesischen Methoden zur Entfernung- und Positionsschätzung, und die Anwendung von Methoden der Schätztheorie für die Evaluierung und Optimierung der Performance.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Es werden fundierte mathematische Grundlagen erwartet, insbesondere in der Signalverarbeitung und der Statistik.

Inhalt:

- * Einführung, Herausforderungen und Ziele
- * Überblick zur Schätztheorie
- * Einführung in die sequentielle Bayessche Schätzung, im besonderen in das Kalman Filter und sequentielle Monte-Carlo Partikelfilter
- * Ableitung der Positionsinformation aus Funksignalen
- * Konzipierung eines Funkortungssignals für einen Schwarm von Robotern
- * Kooperative Funkortungsbasierte Lokalisierung
- * Konstellationen von Robotern für hoch-genaue Kartierung und Positionierung

Lernergebnisse:

Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage,

- die Grundlagen der kooperativen Positionierung zu verstehen
- die Methoden zur Bayesschen Schätzung zu verstehen und auf die kooperative Navigation von einem Schwarm von Robotern anzuwenden
- die Methoden der Schätztheorie zu verstehen und zur Analyse der Performance der Schwarmnavigation anzuwenden
- ein System zur Schwarmnavigation mittels Funkortung zu konzipieren
- das erworbene Wissen auf eine Vielzahl von Anwendungen und Umgebungen anzuwenden, von der Navigation in Gebäuden über die Navigation unter Wasser bis hin zu außerterrestrischen Explorationsmissionen

Lehr- und Lernmethoden:

Lehrmethode:

Das Fachwissen wird in Vorlesungen vom Dozenten vermittelt.

Lernmethode:

In Ergänzung zu dem individuellen Lernen werden die Studierenden ermutigt, ihr Wissen mit anderen Studierenden zur Lösung der Hausaufgaben auszutauschen. Die Lösungen werden in den Übungen vorgestellt.

Medienform:

Die folgenden Medienformen werden verwendet:

- Tafelanschrift
- Vorlesungsunterlagen zur Unterstützung und Ergänzung der Notizen der Studierenden
- Laptop und Beamer für Präsentationen und Vorfürungen

Literatur:

Die folgende Literatur wird empfohlen:

- * "Statistical Signal Processing - Estimation Theory"; Steven M. Kay; Prentice Hall Signal Processing Series; ISBN:0-13-345711-7;
- * "Detection and Estimation: Theory and its Applications"; Thomas Schonhoff and Arthur A.Giordano; Prentice Hall, 1st Edition, 2006; ISBN 0-1308-9499-0;
- * "Digital Communications"; John G. Proakis; McGraw-Hill, 3rd Edition, 1995; ISBN 0-07-051726-6;

Modulverantwortliche(r):

Günther, Christoph; Prof. Dr.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Robot and Swarm Navigation

Dr. Armin Dammann,

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR),

Institut für Kommunikation und Navigation,

Oberpfaffenhofen

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

EI7342: Inertial Navigation | Inertial Navigation

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2013/14

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Sommersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 90 | Präsenzstunden: 60 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Es gibt eine Zwischen- (midterm) und Abschlussprüfung (final exam, 75 min). Die Midterm-Prüfung zählt zu 25 % und das Final Exam zu 75 % zur Gesamtnote falls das Midterm-Ergebnis besser ist als das Final Exam. Andernfalls wird lediglich das Final Exam mit 100% gewertet.

Damit bietet die Midterm eine einmalige Möglichkeit zur Verbesserung der eigenen Note und zur Überprüfung des eigenen Wissenstands. Für die Prüfung sind 8 handbeschriebene DIN A4 Seiten und ein Taschenrechner erlaubt.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundlagen der Statistik

Inhalt:

Introduction to fundamentals of inertial navigation: angular momentum, torque and inertia tensor; coordinate transformations: direction cosines, Euler angles and Quaternions; Euler equation; Inertial sensors: gyroscopes and accelerometers, Integration of inertial measurements, Calibration of inertial sensors with satellite navigation, Integration of inertial navigation and satellite navigation: deep coupling of tracking loops, loose coupling of navigation solution, Estimation of drift and scaling factor of inertial sensors, Attitude determination with and without carrier phase integer ambiguity resolution, MAP Estimation of attitude, Learning of error behavior of inertial sensors with GPS: Artificial Neuronal Networks, Fusion of measurements from inertial sensors, GNSS receivers and magnetometers, Applications of low-cost inertial sensors.

Lernergebnisse:

Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierende in der Lage, Algorithmen und Verfahren zur Inertialnavigation zu analysieren und zu bewerten, und eigene Algorithmen zur

Kopplung von Inertial- und Satellitennavigation zu entwickeln. Die letztere der beiden Fähigkeiten wird in Matlab-Übungsaufgaben trainiert.

Lehr- und Lernmethoden:

Lernmethoden:

Der Vorlesungsstoff wird in Übungen regelmässig aufgearbeitet. Darüber hinaus wird ein Selbststudium des Vorlesungsskriptes und der -folien erwartet.

Lehrmethoden:

Die Vorlesungen werden abwechslungsreich gestaltet und enthalten Herleitungen an der Tafel, Zusammenfassungen in Powerpoint Folien, und kurze Demonstrationen in Matlab. Die Studenten werden in Vorlesung und Übung durch Fragestellungen zum Mitmachen angeregt.

Medienform:

Folgende Medienformen finden Verwendung:

- Tafelanschrift, insbesondere für Herleitungen und Skizzen
- Powerpoint-Folien, insbesondere zur Zusammenfassung der Tafelanschriften und zum Nacharbeiten, verfügbar auf moodle
- Buch-Kapitel, insbesondere zum Nacharbeiten des Vorlesungsskriptes, verfügbar auf moodle
- Matlab-Codebeispiele, zur Veranschaulichung der Algorithmen

Literatur:

Folgende Literatur wird empfohlen:

- [1] Inertial Navigation Systems with Geodic Applications, C. Jekeli, Verlag de Gruyter, 2001.
- [2] Global Positioning Systems, Inertial Navigation and Integration, M. Grewal, L. Weill and A. Andrews, Wiley, 2007.

Modulverantwortliche(r):

Günther, Christoph; Prof. Dr.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Inertial Navigation (Vorlesung, 4 SWS)

Henkel P [L], Henkel P

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

EI7772: Seminar Environmental Sensing | Seminar Environmental Sensing

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2023

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|---|---|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester/ Sommersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 105 | Präsenzstunden: 45 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Prüfungsart ist den verschiedenen Lernergebnissen angepasst: Die Fähigkeit zur

- Präsentation der Ergebnisse vor einem fachlichen Publikum wird durch den Vortrag mit Diskussion geprüft,
- wissenschaftlichen Dokumentation wird durch die Ausarbeitung geprüft.

Die Durchführung inkl. der Dokumentation erfordert eigene Recherchen, Rechnungen und Formulierungen. Details zu den Hilfsmitteln werden während der Veranstaltung bekannt gegeben. Die Kompetenz zur wissenschaftlichen Recherche, Dokumentation und Präsentation auf dem Gebiet der Umweltsensorik soll während der Veranstaltung nachgewiesen werden.

Die Endnote setzt sich aus folgenden Prüfungselementen zusammen:

- (50 %) das Anfertigen einer Ausarbeitung, in der Arbeitsinhalte und Ergebnisse dargestellt sind (4-6 Seiten),
- (50 %) die Präsentation der erarbeiteten Inhalte und Ergebnisse im Rahmen eines 10- bis 12-minütigen Vortrags und anschließender Diskussion (5 bis 10 Minuten).

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundlagen in Elektrotechnik, Physik und Optik.

Inhalt:

Die Modulteilnehmer erarbeiten selbständig aktuelle wissenschaftliche Beiträge aus dem Bereich der Umweltsensorik, fertigen eine zu bewertende schriftliche Ausarbeitung an und tragen ihre Resultate vor. Die Thematik wird in der Diskussion intensiv behandelt.

Lernergebnisse:

Durch die Teilnahme an den Modulveranstaltungen erhalten die Studierenden Kenntnisse von Themenfeldern der Umweltsensorik.

Die Studierenden sind anschließend in der Lage eine Aufgabenstellung aus einem aktuellen Themengebiet der Umweltsensorik selbstständig auf wissenschaftliche Weise zu bearbeiten und eine schriftliche Ausarbeitung dazu anzufertigen. Darüber hinaus können die Studierenden die von ihnen erarbeiteten Erkenntnisse vor einem fachlichen Publikum präsentieren.

Lehr- und Lernmethoden:

Jeder Teilnehmer bearbeitet eine individuelle fachliche Aufgabenstellung. Dies geschieht insbesondere in selbständiger Einzelarbeit der Studierenden. Die Teilnehmer bekommen - abhängig von ihren individuellen Themen - jeweils eigene Betreuer zugeordnet. Die Betreuer helfen den Studierenden insbesondere zu Beginn der Arbeit, indem sie in das Fachthema einführen, geeignete Literatur zur Verfügung stellen und hilfreiche Tipps sowohl bei der fachlichen Arbeit als auch bei der Erstellung der schriftlichen Ausarbeitung und des Vortrags geben.

Medienform:

Folgende Medienformen finden Verwendung:

- rechnergestützte Präsentation für den Vortrag der Teilnehmer,
- die Studierenden arbeiten überwiegend an zur Verfügung gestellten Rechnern mit entsprechenden Softwareprogrammen.

Literatur:

Folgende Literatur wird empfohlen:

- abhängig von den einzelnen Themen sind beispielsweise Bücher, Skripte und Forschungsberichte vorhanden.

Modulverantwortliche(r):

Chen, Jia; Prof. Dr.-Ing.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Advanced Seminar Environmental Sensing (Hauptseminar, 3 SWS)

Chen J [L], Chen J (Abu Hani A, Aigner P, Balamurugan V, Bi X, Klappenbach F, Kühbacher D, Li J, Luther A, Tang H, Wenzel A)

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

IN2323: Machine Learning for Graphs and Sequential Data | Machine Learning for Graphs and Sequential Data

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2023

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Sommersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 90 | Präsenzstunden: 60 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

The academic assessment will be done by a written 75 minutes exam. Assignments checking knowledge to verify the familiarity with machine learning models for graphs and sequential data; programming assignments verify the ability to implement and critically evaluate advanced algorithms and methods; small scenarios with defined applications have to be set up by applying the learnt methods to verify the ability to develop precise partial solutions.

Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Core modules from the Bachelor's Informatics, semester 1-4 & knowledge of machine learning principles (e.g. lecture IN2064)

Inhalt:

1. Introduction

- * Machine Learning, Data Mining Process
- * Basic Terminology

2. Sequential Data

- * ML models for text data and temporal data
- * Autoregressive Models
- * Markov Chains, HMMs
- * Embeddings (e.g. Word2Vec)
- * Neural Networks (e.g. RNN, LSTM, ConvNets, Transformer)
- * Temporal Point Processes

3. Graphs & Networks

- * Laws, Patterns
- * (Deep) Generative Models for Graphs
- * Spectral Methods
- * Ranking (e.g., PageRank, HITS)
- * Community Detection
- * Node/Graph Classification
- * Label Propagation
- * Graph Neural Networks
- * (Unsupervised) Node Embeddings

4. Robustness

- * Adversarial Examples
- * Improving Robustness
- * Certifiable Robustness

Lernergebnisse:

Upon successful completion of this module, students will be able to describe data mining and machine learning methods and their applicability for complex data types. The students will get to know concepts for handling non-independent data in machine learning models. Furthermore, the students will be able to understand, apply, and evaluate principles for analyzing complex data such as graphs, network data, and temporal data.

Lehr- und Lernmethoden:

Lecture, problems for individual study, assignments including project work

Medienform:

Slides, exercise sheets, white board, project work

Literatur:

- Mining of Massive Datasets. Jure Leskovec, Anand Rajaraman, Jeffrey David Ullman. Cambridge University Press. 2014
- Data Mining: The Textbook. Charu Aggarwal. Springer. 2015
- The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction. Trevor Hastie, Robert Tibshirani, Jerome Friedman. Springer. 2011

Modulverantwortliche(r):

Günemann, Stephan; Prof. Dr. rer. nat.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

IN2346: Introduction to Deep Learning | Introduction to Deep Learning

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2018

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|---|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Sommersemester |
| Credits:* 6 | Gesamtstunden: 180 | Eigenstudiums- stunden: 120 | Präsenzstunden: 60 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

- Written test of 90 minutes at the end of the course.
- After each practical session, the students will have to provide the written working code to the teaching assistant for evaluation. The students will be awarded a bonus in case they successfully complete all practical assignments.

The exam takes the form of a written test. Questions allow to assess acquaintance with the basic concepts and algorithms of deep learning concepts, in particular how to train neural networks. Students demonstrate the ability to design, train, and optimize neural network architectures, and how to apply the learning frameworks to real-world problems (e.g., in computer vision). An important aspect for the student is to understand the basic theory behind the training process, which is mainly coupled with optimization strategies involving backprop and SGD. Students can use networks in order to solve classification and regression tasks (partly motivated by visual data).

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Programming knowledge is expected. At least one programming language should be known, preferably Python.

MA0902 Analysis for Informatics

MA0901 Linear Algebra for Informatics

Inhalt:

- Introduction to the history of Deep Learning and its applications.
- Machine learning basics 1: linear classification, maximum likelihood
- Machine learning basics 2: logistic regression, perceptron

- Introduction to neural networks and their optimization
- Stochastic Gradient Descent (SGD) and Back-propagation
- Training Neural Networks Part 1:
regularization, activation functions, weight initialization, gradient flow, batch normalization, hyperparameter optimization
- Training Neural Networks Part 2: parameter updates, ensembles, dropout
- Convolutional Neural Networks, ConvLayers, Pooling, etc.
- Applications of CNNs: e.g., object detection (from MNIST to ImageNet), visualizing CNN (DeepDream)
- Overview and introduction to Recurrent networks and LSTMs
- Recent developments in deep learning in the community
- Overview of research and introduction to advanced deep learning lectures.

Lernergebnisse:

Upon completion of this module, students will have acquired theoretical concepts behind neural networks, and in particular Convolutional Neural Networks, as well as experience on solving practical real-world problems with deep learning. They will be able to solve tasks such as digit recognition or image classification.

Lehr- und Lernmethoden:

The lectures will provide extensive theoretical aspects of neural networks and in particular deep learning architectures; e.g., used in the field of Computer Vision.

The practical sessions will be key, students shall get familiar with Deep Learning through hours of training and testing. They will get familiar with frameworks like PyTorch, so that by the end of the course they are capable of solving practical real-world problems with Deep Learning.

Medienform:

Projector, blackboard, PC

Literatur:

- Slides given during the course
- www.deeplearningbook.org

Modulverantwortliche(r):

Nießner, Matthias; Prof. Dr.-Ing.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Introduction to Deep Learning (IN2346) (Vorlesung mit integrierten Übungen, 4 SWS)

Nießner M [L], Chen Y, Dahnert M, Gafni G, Nießner M, Weitz S

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

IN2357: Machine Learning for Computer Vision | Machine Learning for Computer Vision

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2018

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|---|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester/ Sommersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 90 | Präsenzstunden: 60 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Prüfungsleistung wird in Form einer 90-minütigen schriftlichen Klausur erbracht. In der Klausur sollen die Studierenden zeigen, dass sie die Grundkonzepte verschiedener maschineller Lernverfahren verstanden haben, und dass sie sie auf spezielle Probleme im Bereich des Computersehens anwenden können. Hierbei gehört zum Verständnis der einzelnen Methoden vor allem die Fähigkeit, diese mathematisch beschreiben und herleiten zu können, sowie deren Vor- und Nachteile abwägen zu können. Ausserdem wird in anwendungsorientierten Aufgaben die Fähigkeit abgefragt, geeignete maschinelle Lernmethoden für spezielle Probleme im Bereich Computersehen anwenden zu können, sowie diese einordnen zu können (z.B. bzgl. Klassifikation, Regression, MLE, MAP, etc).

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundlagen der linearen Algebra, Analysis und Wahrscheinlichkeitsrechnung.
Statistical modeling and machine learning (IN2332)

Inhalt:

Maschinelle Lernmethoden sind ein wesentlicher Bestandteil zur Lösung wichtiger Probleme aus dem Bereich Computersehen, wie z.B. Objektklassifikation und -lageschätzung, Objektverfolgung, Bildsegmentierung, Entrauschen von Bildern, oder Kamerakalibrierung. In dieser Vorlesung werden daher die wichtigsten Methoden des maschinellen Lernens vorgestellt und mathematisch hergeleitet. Diese umfassen vor allem:

- Kernel Methoden, insbes. Gaußprozesse
- Lernen von Metriken
- Clusteringmethoden wie GMM oder Spektrales Clustern

- Boosting und Bagging
- Hidden Markov Modelle
- Neuronal Netze und Deep Learning*
- Sampling Methoden, insbes MCMC

Der Fokus liegt hierbei in einem breiten Verständnis dieser Methoden und nicht in der Vertiefung einzelner Ansätze. Praktische Erfahrung wird anhand von Programmieraufgaben gesammelt.

*Das Thema Deep Learning wird nur am Rande behandelt. Für eine ausführliche Behandlung des Themas wird auf andere Veranstaltungen verwiesen, z.B. IN2346

Lernergebnisse:

Nach erfolgreicher Teilnahme an diesem Modul beherrschen die Studierenden die Grundlagen der wichtigsten maschinellen Lernmethoden, wie sie im Bereich Computersehen angewendet werden. Sie sind dann in der Lage, die zugrundeliegende mathematische Formulierung von Verfahren wie z.B. Boosting, Bagging, HMMs, Gaußprozessen oder MCMC anzugeben, sowie diese Methoden einem Anwendungskontext in Bereich Computersehen zuzuordnen. Außerdem können sie einfache Implementierungen dieser Methoden entwickeln und auf konkrete Datensätze anwenden.

Lehr- und Lernmethoden:

In der Vorlesung werden Folien präsentiert und wichtige mathematische Formulierungen an der Tafel entwickelt. In den begleitenden Übungen werden praktische und theoretische Aufgaben bearbeitet. Diese Aufgaben werden auch zur Heimarbeit rechtzeitig vor den Übungsterminen zur Verfügung gestellt.

Medienform:

Folienpräsentation, Tafelanschrieb

Literatur:

Christopher Bishop: Pattern Recognition and Machine Learning
Kevin Murphy: Machine Learning: A Probabilistic Perspective
Carl Edward Rasmussen and Christopher Williams: Gaussian Processes for Machine Learning

Modulverantwortliche(r):

Cremers, Daniel; Prof. Dr.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

IN3200: Ausgewählte Themen aus dem Bereich Computergrafik und -vision | Selected Topics in Computer Graphics and Vision

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2011/12

| | | | |
|-------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Deutsch/Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Unregelmäßig |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: | Eigenstudiums- stunden: | Präsenzstunden: |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Prüfungsleistung wird in Form einer Klausur erbracht. Wissensfragen überprüfen die Vertrautheit mit den wesentlichen Konzepten in einem ausgewählten Bereich von Computergrafik und -Vision. Transferaufgaben und kleine Szenarien überprüfen die Fähigkeit, diese Konzepte systematisch und qualifiziert anzuwenden und zu bewerten.

Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Bachelor Informatik

Inhalt:

Verschiedene Dozenten bieten Lehrveranstaltungen zu ausgewählten Themen aus dem Bereich Bereich Computergrafik und Bildverstehen an. Studierende des Masterstudienganges Informatik können dieses Modul einmal als Wahlmodul aus dem Fachgebiet Computergrafik und Bildverstehen (CGV) wählen.

Lernergebnisse:

Teilnehmer kennen den Stand der Forschung/Technik in ausgewählten Bereichen von Computergrafik und -Vision und können sich mit neuesten Forschungsprojekten auseinandersetzen.

Lehr- und Lernmethoden:

Mit Hilfe einer Folien- oder Tafelpräsentation stellt die Vorlesung ausgewählte Konzepte und Techniken aus dem Bereich

Computergrafik und Bildverstehen vor und erläutert sie an Beispielen.
In möglicherweise begleitenden Übungen wird anhand geeigneter Aufgaben das Verständnis der Inhalte des Moduls vertieft und die Anwendung der verschiedenen Techniken zum eigenständigen Lösen überschaubarer Problemstellungen geübt.

Medienform:

Folien, Tafelarbeit, Übungsblätter, Übungsaufgaben, Vortrag

Literatur:

Originalliteratur (z.B. Beiträge in Zeitschriften oder Konferenzbänden), abhängig vom Thema

Modulverantwortliche(r):

Westermann, Rüdiger; Prof. Dr.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

LRG4800: Verarbeitung von Punktwolken | Point Cloud Processing [PCP]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2021

| | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Sommersemester |
| Credits:* 3 | Gesamtstunden: 90 | Eigenstudiums- stunden: 45 | Präsenzstunden: 45 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Prüfungsleistung ist eine Übungsleistung bestehend aus der Abgabe einer Reihe von Programmieraufgaben (Bonus bis zu einer Notenstufe) und einer mündlichen Prüfung von 30 Minuten über den behandelten Vorlesungsstoff.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Digitale Bildverarbeitung, Photogrammetrie, Bildverstehen - Grundlagen, Objektorientierte Programmierung

Inhalt:

Die Vorlesungen werden anhand von Folien/Vortragsnotizen geführt und umfassen sechs Kapitel: Kapitel 1: Einführung (1 Slot) - In diesem Kapitel wird eine grundlegende Einführung in die Punktwolkenverarbeitung gegeben, einschließlich der Definition von Punktwolken, dem Unterschied zwischen Punktwolken und Bildern, der Erfassung von Punktwolken und repräsentativen Anwendungen. Kapitel 2: Merkmale von Punktwolken (2 Slots) - In diesem Kapitel wird die Charakterisierung von Punktwolken gegeben, einschließlich der Baumstrukturen, der Nachbarschaftsdefinition und der Datenformate. Kapitel 3: Merkmalsextraktion und -beschreibung (2 Slots) - In diesem Kapitel werden die Merkmale von Punkten angegeben, einschließlich der Definition von Punktmerkmalen, der Erkennung von Schlüsselpunkten und Merkmalsdeskriptoren. Hier werden zwei Schlüsselpunkt-detektoren und zwei Merkmalsdeskriptoren vorgestellt. Kapitel 4: Segmentierung (2 Slots) - In diesem Kapitel wird die Segmentierung von Punktwolken gegeben, einschließlich drei verschiedener Kategorien von Segmentierungsmethoden. Für jede Kategorie wird ein Algorithmus als Beispiel vorgestellt. Beispiele werden Region Growing, Mean-Shift Clustering und RANSAC-basierte Anpassung sein. Kapitel 5: Registrierung (2 Slots) - In diesem

Kapitel wird die Registrierung von Punktwolken behandelt, einschließlich zwei verschiedener Kategorien von Registrierungsmethoden, nämlich die korrespondenzbasierte Registrierung und die globale Registrierung. Für jede Kategorie wird ein Algorithmus als Beispiel vorgestellt. Kapitel 6: 3D-Modellierung (1 Slot) - Im letzten Kapitel wird die 3D-Modellierung vorgestellt. Hier werden wir nur einen Fall von Zell-Zerlegung für die boundary-based Beschreibung geben.

Lernergebnisse:

Die Lernziele (nach der Bloom'schen Taxonomie) dieser Vorlesung umfassen fünf Aspekte: Die Studierenden können sich die Eigenschaften von 3D-Punktwolken und den Unterschied zu 2D-Bilddaten merken. Die Studierenden können die in 3D-Punktwolken verwendete Datenstruktur und die unterschiedliche Nutzung verschiedener Verarbeitungstechniken verstehen. Die Studierenden können die wichtigsten Algorithmen und Methoden zur Verarbeitung von 3D-Punktwolken verstehen. Die Studierenden sollen in der Lage sein, repräsentative Algorithmen und Methoden auf beispielhafte 3D-Punktwolken anzuwenden. Die Studierenden sollen versuchen, die Vor- und Nachteile repräsentativer Algorithmen und Methoden beim Üben in den Tutorien zu analysieren und zu bewerten.

Lehr- und Lernmethoden:

Vorlesungen mit praktischen Beispielen. Die Tutorien werden als Programmierprojekte organisiert, einschließlich zwei oder drei Anwendungen: Tutorium 1: Voxelisierung von Punktwolken (2 Slots) - Im ersten Tutorium wird der Student ein Experiment mit der Erstellung von Voxel-basierten Datenstrukturen durchführen, durch die Verwendung von PCL Octree-verwandten Funktionen, und die Punktwolken von verschiedenen Bauebenen visualisieren. Tutorium 2: Segmentierung von Punktwolken (2 Slots) - Im zweiten Tutorium wendet der Teilnehmer die Region-Growing-Methode (Rabbani et al. 2006) an, um Punktwolken mit Hilfe von PCL-Segmentierungsfunktionen zu segmentieren, und speichert die segmentierten Punktwolken als PCD-Dateien. Tutorial 3: RANSAC-basierte Modellanpassung (2 Slots) - Im dritten Tutorial (optional) wendet der Teilnehmer die Modellanpassung von Zylindern und Ebenen aus einer gegebenen einfachen Punktwolke an und liefert Parameter der angepassten Modelle.

Medienform:

Folien, Programmierbeispiele, Videos, Vortrag

Literatur:

Rabbani, T., Van Den Heuvel, F. and Vosselmann, G., 2006. Segmentation of point clouds using smoothness constraint. International archives of photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences, 36(5), pp.248-253.

Modulverantwortliche(r):

Hoegner, Ludwig; Prof. Dr.-Ing.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

MA8113: TUM Data Innovation Lab | TUM Data Innovation Lab [TUM-DI-LAB]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2016/17

| | | | |
|-------------------------------|-------------------------------------|---|---|
| Modulniveau: Master | Sprache: Deutsch/Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester/ Sommersemester |
| Credits:* 10 | Gesamtstunden: 300 | Eigenstudiums- stunden: 210 | Präsenzstunden: 90 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Prüfung besteht aus drei Teilprüfungen (Projektarbeit, mündliche Präsentation und schriftliche Ausarbeitung). Ein Projekt wird jeweils von einer Gruppe von drei bis vier Studierenden bearbeitet. Die Bewertung eines jeden Gruppenmitglieds wird wie folgt berücksichtigt: Die praktische Umsetzung fließt zu 60 % in die Note ein, die mündliche Präsentation und die schriftliche Dokumentation jeweils zu 20 %. Das Modul ist bestanden, wenn die Gesamtleistung der drei Modulteilprüfungen ausreichend ist.

Mittels Zwischenergebnissen und regelmäßiger Treffen bewerten Mentor und Labkoordinator die Fähigkeiten der Studierenden, ihre Ideen in ersten Konzepten zu formulieren und anhand von Meilensteinen bis zum Endergebnis im vorgegebenen Zeitrahmen umzusetzen.

In der mündlichen Präsentation der Projektarbeit (z.B. PowerPoint; 40 Minuten pro Gruppe, davon 10-15 min. pro Teilnehmer) werden dessen Inhalte und Ergebnisse vorgestellt. Die Studierenden stellen hier ihre Fähigkeit unter Beweis, die zentralen Fragestellungen zu erfassen, verwendete Techniken und mathematische Lösungen auch einem fachfremden Publikum zu vermitteln und eine anschließende Diskussion zu führen.

Erlaubte Hilfsmittel während der Projektpräsentation sind eigene Notizen und Bezugsmaterialien (z.B. Literatur).

In der schriftlichen Ausarbeitung werden die wichtigsten Fakten und Erkenntnisse und das Lösungskonzept zu der Projektarbeit klar und prägnant zusammengefasst.

Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

(Empfohlene) Voraussetzungen:

[IN0008] Grundlagen: Datenbanken

[IN0007] Grundlagen: Algorithmen und Datenstrukturen

[MA4800] Foundations of Data Analysis

[IN2326] Foundations in Data Engineering
[MA4402] Computational Statistics (or MA3402)

Inhalt:

Das TUM Data Innovation Lab (TUM-DI-LAB) ist ein im Sommer- oder Wintersemester stattfindendes Bildungs- und Forschungspraktikum für TUM-Master-Studierende jeder Fachrichtung, die daran interessiert sind, neue datengesteuerte Ansätze für interdisziplinäre Aufgaben zu erforschen. Die Studierenden kommen in kleinen Projektteams zusammen und arbeiten neben anderen Teams in einem gemeinschaftlichen Umfeld. Sie lernen, Daten zu organisieren, analysieren und visualisieren und gewinnen dabei einen umfassenden Einblick in die moderne Welt der Datenwissenschaft.

Eine Liste der Projekte, die von Fachgebieten der TUM, anderen Universitäten oder innovativen Unternehmen angeboten werden, wird vom TUM-DI-LAB-Koordinator ständig aktualisiert. Die Studierenden bewerben sich für ein oder mehrere dieser Projekte.

Je nach Projekt und Bewerbung und Qualifikation, werden pro Team drei bis maximal vier Masterstudenten/innen ausgewählt, die vorzugsweise unterschiedliche fachliche Hintergründe mitbringen (Mathematik, Informatik, Biologie, Ingenieurwissenschaften etc.).

Jedem Team wird ein Mentor zur Betreuung während der Projektarbeit zugeteilt. Ein Mentor kann ein/e TUM-Doktorand/in, ein/e Postdoc oder ein/e Professor/in sein, der/die Forschungszeit in das Projekt investiert. Die Anzahl der aufgenommenen Studierenden pro Praktikumszeitraum hängt immer von der tatsächlichen Personalkapazität und den Projektvorschlägen ab.

Die Projektarbeit besteht aus einer praktischen Lösung für eine spezifische datenbezogene Problematik. Das individuelle Ziel eines Projektes kann erheblich variieren und hängt von den derzeit angebotenen Projekten ab.

Bitte besuchen Sie unsere Webpage, um Informationen über aktuelle Projekte für Studierende zu erhalten: www.di-lab.tum.de

Lernergebnisse:

Nach erfolgreichem Abschluss dieses Moduls sind die Studierenden in der Lage,

- praktische Fragestellungen in mathematischen Thesen zu formulieren und potenzielle Lösungen und Anwendungen zu verfolgen. Diese Aufgaben fördern Kreativität und Pragmatismus;
- Datenanalyse und technischen Verfahren und deren praktische Anwendungen zu erlernen;
- entsprechende numerische Algorithmen zu implementieren;
- verschiedene Lösungsmethoden zu evaluieren;
- ihre mathematischen Ergebnisse in Bezug auf die zugrunde liegende Anwendung zu bewerten und zu interpretieren;
- einen Projektplan aufzustellen und den Projektfortschritt zu überwachen;
- Projektmanagement-Techniken anzuwenden, um Aufgaben zu verteilen und sich ihrer Verantwortung und der Bedeutung der individuellen Beiträge bewusst zu sein;
- ihre Arbeit sowohl einem wissenschaftlichen als auch einem nicht wissenschaftlichen Publikum zu präsentieren;
- in einem multidisziplinären Team zu arbeiten und eine gemeinsame Sprache für gegenseitiges Verständnis und reziproker Bereicherung zu entwickeln.

Lehr- und Lernmethoden:

Begleitet von Mentoren und dem Laborkoordinator werden die Studierenden in Gruppen an den zugewiesenen Projekten arbeiten. Das studentische Team beginnt mit einem Brainstorming über die Aufgabe und mit der Recherche und der Auswahl möglicher Lösungstools. Nach dieser ersten Phase, die nicht länger als zwei Wochen dauern sollte, erstellt das Projektteam in Begleitung des Labkoordinators einen Projektplan mit klaren Meilensteinen, um bis zum Ende des Praktikums ein realisierbares Ergebnis präsentieren zu können. Die Studierenden eines Teams verabreden regelmäßige Besprechungen mit dem Mentor und dem TUM-DI-LAB-Koordinator.

Die Lehrmethoden des selbstständigen Arbeitens einerseits und der Gruppenarbeit andererseits führen zum planmäßigen Erreichen der Meilensteine und des Projektziels.

Dazu wenden die Studierenden Lernmethoden wie ausführliche Materialrecherche, Literaturrecherche, Problemdefinition und die Erstellung von Berichten und Präsentationen an. Der Projektmanagementansatz dient der Überprüfung der Arbeit unter Zeitdruck und konstruktiver Kritik, sowohl der eigenen als auch der anderer.

Medienform:

Powerpoint-Präsentationen

Literatur:

Vom Projektantragsteller und Mentor zur Verfügung gestellt

Modulverantwortliche(r):

Fornasier, Massimo; Prof. Dr.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

TUM Data Innovation Lab [MA8113] (Vorlesung, 2 SWS)

Fornasier M

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

MW0141: Model Based Systems Engineering | Model Based Systems Engineering

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2023/24

| | | | |
|--|-----------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Bachelor/Master | Sprache: Deutsch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 3 | Gesamtstunden: 90 | Eigenstudiums- stunden: 60 | Präsenzstunden: 30 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

The module examination consists of an oral examination taken in pairs, lasting 30 minutes per pair without auxiliary resources. In it, by use of questions on the theory and practical modeling tasks, the students' understanding and ability to

- Understand the basic terms and theory of model-based systems engineering
- Apply MBSE on practical systems
- Understand SysML diagrams and their context
- Evaluate MBSE models on validity, ambiguity, explanatory power and grammatical correctness
- Create SysML models of technical systems to a medium degree of detail

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Systems Engineering – Fundamentals – not necessary but helpful

Inhalt:

1. Introduction and Repetition of Key Concepts in Systems Engineering
2. Basic Terms and Concepts + Use Case and Activity Diagrams
3. Model vs. Diagrams – the concept of cross-correlation
4. Requirements Management and Maintenance
5. Structural Order with Block Definition Diagrams
6. Physical and Software Architectures Utilizing Internal Block Diagrams
7. Introduction to MagicDraw
8. State Machines
9. Defining Behavioral Responsibilities with Sequence Diagrams
10. Excuse: A Practical View on the tasks of a Systems Engineer in a Space Project

11. Model Organization with Packages, Stereotypes, Imports and Profiles

Lernergebnisse:

After attending the module, the students will be able to:

- Understand the basic terms and theory of model-based systems engineering
- Apply MBSE on practical systems
- Understand SysML diagrams and their context
- Evaluate MBSE models on validity, ambiguity, explanatory power and grammatical correctness
- Create SysML models of technical systems to a medium degree of detail

Lehr- und Lernmethoden:

The module consists of a lecture with integrated exercises. The lecture conveys the necessary knowledge and theory. The integrated exercises teach students to apply said theory in small teams on a consistent, self-chosen example over the course of the semester. .

Through this, the students learn e.g.

- Understand the basic terms and theory of model-based systems engineering
- Apply MBSE on practical systems
- Understand SysML diagrams and their context
- Evaluate MBSE models on validity, ambiguity, explanatory power and grammatical correctness
- Create SysML models of technical systems to a medium degree of detail

Medienform:

Vortrag, Präsentation, Handzettel, Tafelanschrieb

Literatur:

Systems Engineering - Methodik und Praxis W.F. Daenzer, F. Haberfellner, ISBN 3-85743-998-X

Objektorientierte Softwaretechnik - mit UML, Entwurfsmustern, Java Bernd Brügge, Allen H. Dutoit, ISBN 3-8273-7082-5

A Practical Guide to SysML - Friedenthal, S. et.al., ISBN 978-0-12-800202-5

Modulverantwortliche(r):

Aliakbargolkar, Alessandro; Prof. Dr. phil.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Model-Based Systems Engineering (Vorlesung mit integrierten Übungen, 2 SWS)

Aliakbargolkar A [L], Patzwahl F, Sindermann J

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

MW0259: Praktikum Systems Engineering | Practical Course Systems Engineering

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

| | | | |
|--|------------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Bachelor/Master | Sprache: Deutsch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 4 | Gesamtstunden: 120 | Eigenstudiums- stunden: 60 | Präsenzstunden: 60 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die erarbeiteten Ergebnisse des Praktikums Angewandte Systemtechnik müssen innerhalb des Praktikums präsentiert werden. Außerdem muss eine knappe Ausarbeitung verfasst werden. Die Präsentation zusammen mit Ausarbeitung ergeben die Praktikumsnote.

Aktueller Hinweis angesichts des eingeschränkten Präsenzbetriebs auf Grund der CoViD19-Pandemie: Sofern die Rahmenbedingungen (Hygiene-, Abstandsregeln etc.) für eine Präsenzprüfung nicht vorliegen, kann gemäß §13a APSO die geplante Prüfungsform auf eine online-gestützte schriftliche oder mündliche Fernprüfung umgestellt werden. Die Entscheidung über diesen Wechsel wird möglichst zeitnah, spätestens jedoch 14 Tage vor dem Prüfungstermin durch die Prüfungsperson nach Abstimmung mit dem zuständigen Prüfungsausschuss bekannt gegeben.

Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Modul Systems Engineering

Inhalt:

Im Praktikum Angewandte Systemtechnik werden die theoretischen Grundlagen des modellbasierten Systems Engineerings aus der Vorlesung Systems Engineering aufgegriffen und anhand eines konkreten Satellitenprojekts deren praktische Anwendung demonstriert. Im Rahmen des Praktikums sollen die Studenten sowohl die Satellitenmission, als auch sämtliche relevanten Subsysteme des Satelliten modellieren und auslegen, so dass dieser gebaut werden könnte. Dabei kommt insbesondere die objektorientierte Modellierung und das "Concurrent

Engineering Vorgehensmodell", also das zeitgleiche Arbeiten an einem Modell des Satelliten, zum Einsatz.

Für die Modellierung und Auslegung des Satelliten wird das am Lehrstuhl entwickelte Programm (v)Sys-ed verwendet. Mit Hilfe dieses Werkzeugs kann eine Satellitenmission, angefangen bei der Vorstudie, bis hin zur Auslegung der Subsysteme modelliert werden.

Lernergebnisse:

Nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung Angewandte Systemtechnik sind die Studierenden in der Lage, komplexe technische Systeme zu verstehen, zu bewerten, selbstständig ein einfaches Modell eines Satelliten zu erstellen sowie eine einfache Satellitenmission zu planen und erstellen. Des Weiteren sind die Studierenden in der Lage technische Problemstellungen im Umfeld der Satellitenentwicklung mittels des "Concurrent Engineering Vorgehensmodells" zu lösen.

Lehr- und Lernmethoden:

Im Praktikum werden die Lehrinhalte anhand von Vorträgen, Präsentation, Tafelanschrieb sowie durch praktische Unterstützung vermittelt.

Medienform:

Vortrag, Präsentation, Handzettel, Tafelanschrieb

Literatur:

Systems Engineering - Methodik und Praxis W.F. Daenzer, F. Haberfellner, ISBN 3-85743-998-X

Modulverantwortliche(r):

Brandstätter, Markus; Prof. Dr. rer. nat.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

MW2155: Bemannte Raumfahrt | Human Spaceflight

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2023

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|---|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 105 | Präsenzstunden: 45 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Im Anschluss an die Vorlesungszeit findet eine schriftliche Prüfung in Form einer Klausur (90 min) statt. In teils offenen, teils Multiple-Choice-Fragen und wenigen Rechenaufgaben müssen die Studenten zeigen, dass sie die wesentlichen Abläufe, Zusammenhänge, ingenieurstechnischen Fragestellungen, Kennzahlen und deren Größenordnungen im Bereich der bemannten Raumfahrt kennen. Dieses Wissen muss qualitativ auch auf Sachverhalte übertragen werden, die nicht explizit in Vorlesung und Übung behandelt wurden.

Zugelassene Hilfsmittel: nicht-programmierbarer Taschenrechner, Wörterbuch für ausländische Studierende.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Es wird grundlegendes Wissen im Bereich der Raumfahrttechnik und im Systementwurf vorausgesetzt, wie es etwa in dem Modul "Grundlagen der Raumfahrt" im Bachelor vermittelt wird. Es ist nicht zwingend erforderlich dieses Modul absolviert zu haben, erleichtert jedoch erheblich das Verständnis der Inhalte.

Inhalt:

Inhalte der Vorlesung:

Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft der astronautischen Raumfahrt. Weltraumwissenschaft in der astronautischen Raumfahrt. Überblick über die Missionsanalyse, Stations-/ Habitatkonfiguration und die wichtigsten erforderlichen Subsysteme für eine astronautische Raumfahrtmission: Transport, Energie, Thermal, Bahn- und Lageregelung, Kommunikation, Lebenserhaltungssysteme, Außenbordeinsatz.

In den Übungen werden die Vorlesungsinhalte anhand einer Beispielmision vertieft und ein wöchentlicher Überblick über die aktuellen Ereignisse in der Raumfahrt im Allgemeinen und der bemannten Raumfahrt im Speziellen gegeben.

Lernergebnisse:

Nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung Bemannte Raumfahrt haben die Studierenden Einblick in alle Aspekte des bemannten Raumflugs erhalten. Sie können daher die Bereiche bemannte und unbemannte Raumfahrt genau differenzieren. Sie sind in der Lage die speziellen Herausforderungen durch die lebensfeindlichen Umweltbedingungen, die im Weltall und auf fremden

Planetenoberflächen herrschen, zu verstehen und wissen um deren Auswirkungen auf ingenieurstechnische Fragestellungen während der Auslegung von bemannten Raumfahrzeugen und Missionen. Die Studierenden können das Verständnis technischen und politischen Randbedingungen anwenden, um die notwendigen Anforderungen an z.B. Lebenserhaltungssysteme zu analysieren. Nach Abschluss der Vorlesung sind die Studierenden in der Lage System- und Missionskonzepte eigenständig im Hinblick auf die zugrundeliegenden Missionsziele zu bewerten.

Lehr- und Lernmethoden:

In der Vorlesung werden die Lehrinhalte anhand von Vorträgen vermittelt. Den Studierenden wird online eine Foliensammlung zugänglich gemacht.

In der Übung wird in einem kurzen Vortrag das in der Vorlesung vermittelte Wissen erweitert und vertieft. Danach müssen die Studierenden in selbstständiger Arbeit eine Aufgabe unter Anwendung des vermittelten Wissens lösen. Die Aufgaben können sowohl mathematische Berechnungen als auch konzeptionelle Systementwürfe beinhalten.

Medienform:

Vortrag, Foliensammlung, Übungsblätter

Literatur:

Human Spaceflight Mission Analysis and Design, W. Larson and L. Pranke, McGraw-Hill, 2000 ISBN 0-07-236811-X.

Space stations: systems and utilization. E. Messerschmid and R. Bertrand. Springer, 1999, ISBN 978-3-642-08479-9.

Astronautische Raumfahrt, R. Gerzert. Springer, 2022, ISBN 9783662647394.

Modulverantwortliche(r):

Detrell Domingo, Gisela; Prof. Dr.-Ing.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Bemannte Raumfahrt (Vorlesung, 2 SWS)

Detrell Domingo G [L], Detrell Domingo G, Walter U

Übung zu Bemannte Raumfahrt (Übung, 1 SWS)

Detrell Domingo G [L], Salman L, Walter U

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

PH2058: Einführung in die Astrophysik | Introduction to Astro Physics

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2023/24

| | | | |
|-------------------------------|-------------------------------------|---|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Deutsch/Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 120 | Präsenzstunden: 30 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Es findet eine mündliche Prüfung von etwa 25 Minuten Dauer statt. Darin wird das Erreichen der im Abschnitt Lernergebnisse dargestellten Kompetenzen mindestens in der dort angegebenen Erkenntnisstufe exemplarisch durch Verständnisfragen und Beispielrechnungen überprüft.

Prüfungsaufgabe könnte beispielsweise sein:

- Leiten Sie die Masse-Leuchtkraft Beziehung für Sterne aus den Sternaufbaugleichungen ab.
- Was sind schwarze Löcher und wie kann man sie beobachten?
- Wie kann man die Entfernung zu nahegelegenen Galaxien, wie z.B. der Andromeda Galaxie, messen?
- Was kann man aus der kosmischen Hintergrundstrahlung über die globalen Eigenschaften des Universums lernen?

Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Keine Vorkenntnisse nötig, die über die Zulassungsvoraussetzungen zum Masterstudium der Physik hinausgehen, oder mindestens vier Semester Physik-Bachelorstudium.

Inhalt:

- Strahlung und Materie
- Teleskope und Satellitenexperimente
- Sterne: Globale Eigenschaften, Spektren, Aufbau
- Sternentwicklung und Endstadien der Sterne
- Interstellares Medium
- Kosmische Entfernungsleiter
- Galaxien: Übersicht
- Schwarze Löcher, Aktive Galaxien

- Spiralgalaxien, Elliptische Galaxien, Zwerggalaxien
- Galaxienhaufen und Dunkle Materie
- Kosmologie, Großräumige Strukturentstehung

Lernergebnisse:

Nach der erfolgreichen Teilnahme an dem Modul sind die Studierenden in der Lage

- den aktuellen Stand der Astrophysik und deren Methoden zu überblicken
- die Entstehung, die Entwicklung und die Endstadien von Sternen zu verstehen und deren inneren Aufbau zu beschreiben
- die verschiedenen Arten von Galaxien zu verstehen und deren Eigenschaften und Entwicklung zu skizzieren
- schwarze Löcher zu beschreiben
- die Grundlagen der Kosmologie aufzuzeichnen

Lehr- und Lernmethoden:

Die Vorlesung gibt einen Überblick über die moderne Astronomie. Der Schwerpunkt liegt auf den Beobachtungen, deren wissenschaftliche Interpretation, und der zugrundeliegenden Physik, aber nur im sehr geringem Umfang auf den theoretischen Details, die z.B. im Modul PH2080 präsentiert werden. Die Inhalte der Vorlesung werden als thematisch gegliederte Vorträge präsentiert.

Teilweise werden hierzu internationale Experten eingeladen. Zur Vertiefung der Inhalte sind von den Studierenden einzelne Kapitel in Lehrbüchern und Originalliteratur durcharbeiten, die dann gemeinsam in der Vorlesung besprochen werden. Dadurch ist der Eigenstudiumsanteil in diesem Modul hoch.

Medienform:

PowerPoint. Die Folien werden im PDF und PowerPoint Format zum download bereitgestellt (http://www.mpe.mpg.de/~eisenhau/EinfuehrungInDieAstrophysik_WS2324.html, login und password werden in der Vorlesung bekannt gegeben).

Literatur:

A. Unsöld, B. Baschek: "Der Neue Kosmos: Einführung in die Astronomie und Astrophysik", Springer Verlag, ISBN 3-540-42177-7

Modulverantwortliche(r):

Eisenhauer, Frank; Apl. Prof. Dr. rer. nat. habil.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Einführung in die Astrophysik (Vorlesung, 2 SWS)

Eisenhauer F

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

PH2090: Rechnergestützte Physik 2 | Computational Physics 2

Simulation Klassischer und Quantenmechanischer Systeme

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2023

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Sommersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 90 | Präsenzstunden: 60 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Inhalt:

Lernergebnisse:

Lehr- und Lernmethoden:

Medienform:

Literatur:

Modulverantwortliche(r):

Recksiegel, Stefan; Dr.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

PH2101: Signalverarbeitung mit FPGAs für Detektoren | FPGA based detector signal processing

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2021/22

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|---|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester/ Sommersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 90 | Präsenzstunden: 60 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

siehe englische Beschreibung

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester / Semesterende

(Empfohlene) Voraussetzungen:

siehe englische Beschreibung

Inhalt:

siehe englische Beschreibung

Lernergebnisse:

After successful completion of the module the students are able to

- understand how FPGAs are built up
- create FPGA projects
- code in VHDL

Lehr- und Lernmethoden:

siehe englische Beschreibung

Medienform:

siehe englische Beschreibung

Literatur:

- P.A. Simpson: FPGA Design, Springer, (2010)
- P. J. Ashenden: The Student's Guide to VHDL, Morgan Kaufmann, (2008)

- P. J. Ashenden: The Designer's Guide to VHDL, Morgan Kaufmann, (2008)
- W.R. Leo: Techniques for Nuclear and Particle Physics experiments, Springer, (1994)

Modulverantwortliche(r):

Paul, Stephan; Prof. Dr.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

BGU30062: Geoinformation | Geoinformation [Geoinformation]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2020/21

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|---|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 105 | Präsenzstunden: 45 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

A written exam of 60 min takes place in the end of the semester. By answering the questions the students verify that they have gained the required knowledge about spatial data management, the analysis of geodata, spatial data mining and cartographic techniques for visualising spatial data. The exam contains questions in which they have to give valid definitions, explain concepts, theoretically implement and evaluate case studies, as well as mastering design challenges. All learning outcomes are covered by this written exam.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Knowledge of higher mathematics and experiences of handling spatial data

Inhalt:

This module includes the following topics:

- Introduction to GIS;
- Spatio-temporal representations and databases;
- Spatial data analysis;
- Spatial data mining;
- Data retrieval and cartographic techniques;
- Introduction to ArcGIS components;
- Working with multiple data tables;
- Learning spatial analysis methods;
- Building 3D models;
- Creating animations;
- Designing a quality Map in a GIS;
- Collecting spatial data during field work and integrating it to a GIS

Lernergebnisse:

After the successful conclusion of the module, the students are able

- to illustrate the dimensions of geoinformation;
- to explain the structure of a GIS;
- to implement concepts of geodata harmonization to integrate geodata into a GIS;
- to implement geoanalytical methods;
- to apply properties of different map projections and to select appropriate projections for specific purpose;
- to implement map generalization concepts and algorithms;
- to evaluate spatial databases and the spatial data quality within geodata-management;
- to generate three dimensional data models

Lehr- und Lernmethoden:

The module is structured in lectures with integrated exercises. The lectures provide the theoretical foundations of geoinformation. They impart knowledge about spatial data management, the analysis of geodata, spatial data mining and cartographic techniques for visualising spatial data. The integrated exercise part of this module allows the students to employ their GIS knowledge to applied studies. An introduction to ArcGIS will be given and the students can analyse and visualise geodata using a variety of analysis tools and visualisation techniques. A set of exercises put the theoretical knowledge into practice. The exercises are carried out in a computer lab individually, partly under supervision within lecture time and partly in self-study. Feedback on the exercises is given to each student within a personal one-on-one discussion.

Medienform:

Moodle E-learning, presentations, script, GIS laboratory, hand-outs, recommended literature

Literatur:

Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire D. J., Rhind, D. W. (Eds.) (2005): Geographical Information Systems – Principles, Techniques, Management and Applications. John Wiley & Sons.
Law, M., Collins, A. (2013): Getting to Know ArcGIS for Desktop. Esri Press.

Modulverantwortliche(r):

Prof. Liqiu Meng (liqiu.meng@tum.de)

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Geoinformation (Vorlesung mit integrierten Übungen, 3 SWS)

Murphy C [L], Meng L, Murphy C

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

BGU45026: Seminar Design von Erdbeobachtungsmissionen | Earth Observation Mission Design Seminar

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

| | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 3 | Gesamtstunden: 90 | Eigenstudiums- stunden: 45 | Präsenzstunden: 45 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Das Modul wird mit einer Präsentation von mind. 30 Min. abgeschlossen, welche als Studienleistung eingebracht wird.

Mit der Studienleistung wird überprüft, ob die Studierenden die Kompetenz erworben haben, die Anforderungen an eine neuartige Erdbeobachtungs-Satellitenmission sowohl in wissenschaftlicher als auch in technischer Hinsicht analysieren und bewerten zu können. Hierfür sind Rechercharbeiten und die Anwendung von bereits im Studium erworbenen Kompetenzen erforderlich. Die Ausarbeitung eines neuartigen Konzeptes erfordert zusätzlich alle Anforderungen an eine Satellitenmission wechselseitig zu untersuchen, was durch Teamarbeit und Austausch Kompetenzen innerhalb des Teams von Studierenden erreicht werden soll. Die Teams werden hierbei von den Dozenten beratend begleitet.

Weitere Informationen zur Studienleistung: Zum Abschluss des Seminars gibt das Team der Studierenden einen Gesamtüberblick über das entwickelte Missionsdesign und die entsprechende wissenschaftlichen und technischen Anforderungen. Während der Präsenzstunden werden mit den Dozenten die bisherigen und nächsten Entwicklungsschritte diskutiert. Die eigentliche Bearbeitung der Studienleistung erfolgt in Eigenstudium.

Aktueller Hinweis angesichts des eingeschränkten Präsenzbetriebs auf Grund der CoViD19-Pandemie: Sofern die Rahmenbedingungen (Hygiene-, Abstandsregeln etc.) für eine Präsenzprüfung nicht vorliegen, kann gemäß §13a APSO die geplante Prüfungsform auf eine online-gestützte schriftliche oder mündliche Fernprüfung umgestellt werden. Die Entscheidung über diesen Wechsel wird möglichst zeitnah, spätestens jedoch 14 Tage vor dem Prüfungstermin durch die Prüfungsperson nach Abstimmung mit dem zuständigen Prüfungsausschuss bekannt gegeben.

Wiederholungsmöglichkeit:

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Es werden grundlegende Kenntnisse in Mathematik, Physik und Ingenieurwissenschaften empfohlen, wie sie typischerweise in einem Bachelor-Ingenieurstudiengang erworben werden.

Inhalt:

Lehrveranstaltung: „Seminar Design von Erdbeobachtungsmissionen“

Die Veranstaltung wird grundsätzlich als Seminar geführt in dem folgende Inhalte adressiert werden: Definition von wissenschaftlichen und technischen Anforderungen an eine Erdbeobachtungs-Satellitenmission; Einführung der verschiedenartigen Komponenten einer Mission (Satellitenbus, Instrumente, Bodensegment, usw.); Entwurf geeigneter Satellitenbahnen um die Missionsanforderungen erfüllen zu können; Entwurf eines Messkonzeptes um die Missionsanforderungen erfüllen zu können; Spezifikation des Datenmanagements an Bord des Satelliten bzw. im Zusammenspiel mit Bodenstationen; Definition der Prozessierungsalgorithmen für die zu erstellenden Dateprodukte.

Lernergebnisse:

Nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung sind die Studierenden in der Lage,

- die Komponenten zum Design einer Erdbeobachtungs-Satellitenmission zu verstehen,
- das Zusammenspiel der verschiedenen Komponenten erfassen und analysieren zu können,
- die wissenschaftlichen Anforderungen an eine Erdbeobachtungsmission zu definieren,
- Ein Missionsdesign für einen oder eine Konstellation von Satelliten zu entwerfen welches die wissenschaftlichen Anforderungen erfüllen kann,
- das Missionskonzept sowie das ausgearbeitete Missionsdesign zu analysieren,
- die Anforderungen an eine neuartige Erdbeobachtungs-Satellitenmission sowohl in wissenschaftlicher als auch in technischer Hinsicht zu bewerten
- ausgearbeitete Missionsdesigns zu präsentieren und
- vor mit interdisziplinären Publikum zu diskutieren
- Missionskonzepte und -designs in interdisziplinären und Teams mit multi-kulturellem Hintergrund zu erarbeiten.

Lehr- und Lernmethoden:

Die Lehrveranstaltung wird in Seminarform abgehalten, d.h. die Studierenden arbeiten zum vorgegebenen Thema ein entsprechendes Konzept aus und präsentieren die Zwischen- und Endergebnisse den Dozenten. Diese werden dann in der Gesamtgruppe diskutiert und das weitere Vorgehen wird besprochen.

Medienform:

Präsentationen, Dokumente, Veröffentlichungen

Literatur:

nicht notwendig

Modulverantwortliche(r):

Roland Pail

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Earth Observation Mission Design Seminar (Seminar, 3 SWS)

Pail R [L], Gruber T

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

BGU45027: Seminar Entwicklung von Erdbeobachtungsmissionen | Earth Observation Mission Development Seminar

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

| | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Sommersemester |
| Credits:* 3 | Gesamtstunden: 90 | Eigenstudiums- stunden: 45 | Präsenzstunden: 45 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Das Modul wird mit einer Präsentation von mind. 30 Min. abgeschlossen, welche als Studienleistung eingebracht wird.

Mit der Studienleistung wird überprüft, ob die Studierenden die Kompetenz erworben haben, die Spezifikationen zur Entwicklung einer Erdbeobachtungs-Satellitenmission in technischer Hinsicht ausarbeiten und umsetzen zu können. Als Ausgangsbasis dient hierfür ein vorher ausgearbeitetes Missionskonzept. Hierfür sind Recherchearbeiten und die Anwendung von bereits im Studium erworbenen Kompetenzen erforderlich. Die Entwicklung einer neuartigen Erdbeobachtungsmission erfordert es permanent die Anforderungen an eine Satellitenmission wechselseitig zu untersuchen und das Missionsdesign entsprechend anzupassen, falls dies technisch notwendig würde. Die Studierenden arbeiten in Teams und tauschen entsprechende themenspezifische Kompetenzen jeweils aus, um dies erreichen zu können. Die Teams werden hierbei von den Dozenten beratend begleitet.

Weitere Informationen zur Studienleistung: Zum Abschluss des Seminars gibt das Team der Studierenden einen Gesamtüberblick über die Komponenten der entwickelten Erdbeobachtungsmission sowohl in technischer als auch wissenschaftlicher Sicht. Während der Präsenzstunden werden mit den Dozenten die bisherigen und nächsten Entwicklungsschritte diskutiert. Die eigentliche Bearbeitung der Studienleistung erfolgt in Eigenstudium.

Aktueller Hinweis angesichts des eingeschränkten Präsenzbetriebs auf Grund der CoViD19-Pandemie: Sofern die Rahmenbedingungen (Hygiene-, Abstandsregeln etc.) für eine Präsenzprüfung nicht vorliegen, kann gemäß §13a APSO die geplante Prüfungsform auf eine online-gestützte schriftliche oder mündliche Fernprüfung umgestellt werden. Die Entscheidung über diesen Wechsel wird möglichst zeitnah, spätestens jedoch 14 Tage vor dem Prüfungstermin durch die Prüfungsperson nach Abstimmung mit dem zuständigen Prüfungsausschuss bekannt gegeben.

Wiederholungsmöglichkeit:

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Es werden grundlegende Kenntnisse in Mathematik, Physik und Ingenieurwissenschaften empfohlen, wie sie typischerweise in einem Bachelor-Ingenieurstudiengang erworben werden. Eine Teilnahme am Seminar Design von Erdbeobachtungsmissionen im vorherigen Wintersemester ist wünschenswert.

Inhalt:

Lehrveranstaltung: „Seminar Entwicklung von Erdbeobachtungsmissionen“

Die Veranstaltung wird grundsätzlich als Seminar geführt in dem folgende Inhalte adressiert werden: Konsolidierung der wissenschaftlichen und technischen Anforderungen an eine Erdbeobachtungs-Satellitenmission; Spezifikation der technischen Komponenten der Satellitenmission (Satellitenbus, Instrumente, Energiehaushalt, usw.); Entwicklung von einfachen Simulationsszenarien für verschiedene Teilkomponenten; Vertiefte Ausarbeitung des Messkonzeptes insb. hinsichtlich des Zusammenspiels des Instrumentariums; Entwicklung eines einfachen numerischen Simulators für die wissenschaftliche Datenprozessierung; Dokumentation des Satellitenentwurfs entsprechend der gängigen Praxis.

Lernergebnisse:

Nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung sind die Studierenden in der Lage,

- Die Komponenten einer Erdbeobachtungs-Satellitenmission bezüglich Anforderungen und Technologien zu bewerten.
- Das Zusammenspiel der verschiedenen Komponenten mit Hilfe von Simulationen zu analysieren.
- numerische Simulationen hinsichtlich der Erreichbarkeit der wissenschaftlichen Anforderungen anzuwenden,
- Die Satellitenmission mit allen technischen Komponenten zunächst auf Papier zu entwickeln.
- Das Satellitenkonzept sowie die Ergebnisse der Simulationen zu verteidigen

Lehr- und Lernmethoden:

Die Lehrveranstaltung wird in Seminarform abgehalten, d.h. die Studierenden arbeiten zum vorgegebenen Thema ein entsprechendes Konzept aus und präsentieren die Zwischen- und Endergebnisse den Dozenten. Diese werden dann in der Gesamtgruppe diskutiert und das weitere Vorgehen wird besprochen.

Medienform:

Präsentationen, Dokumente, Veröffentlichungen

Literatur:

nicht notwendig

Modulverantwortliche(r):

Roland Pail

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

BGU45038: Atmosphäre und Ozean | Atmosphere and Ocean

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 90 | Präsenzstunden: 60 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

The expected learning outcomes are verified by an written exam of 90 min duration. In this exam, it is verified that the students are able to understand the individual concepts of describing the physical behavior of atmosphere and ocean, the corresponding satellite techniques to observe static and dynamic properties of these two sub-systems of the Earth system, to build interrelations among these concepts and to understand their contribution to the overarching concept of the Earth system. By means of dedicated questions, it is verified that the students are able to interpret results of observation technologies and that they are able to build connections to physical modelling.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Fundamentals in mathematics, experimental physics; mathematical physics, linear algebra, time series analysis

Introduction to Earth System Science (BGU45037)

Numerical Modeling (BGU57018)

Signal Processing and Microwave Remote Sensing (BGU31006)

Applied Earth Observation (BGU45040)

Inhalt:

The module consists of two lectures "Atmospheric Physics and Remote Sensing" and "Oceanography and Satellite Altimetry" that are addressing aspects of the important and tightly coupled Earth system components atmosphere and ocean in a complementary and integrative manner:

Atmospheric Physics and Remote Sensing:

Introduction to atmospheric physics with an emphasis on remote sensing of atmospheric components and processes from space:

- atmospheric layers, circulation and Greenhouse Effect
- atmospheric composition
- Water Vapor and Carbon Dioxide
- aerosols, clouds, and Earth's radiation budget
- atmospheric dynamics
- passive Remote Sensing
- Lidar Remote Sensing of aerosols
- wind and water vapor Lidars
- meteorology and weather forecasts
- global climate change
- new observational needs

Oceanography and Satellite Altimetry:

Physical characteristics of the ocean (temperature, salinity, density)

Large-scale ocean circulation

Wind-generated waves

Ocean tides

Analysis of sea level variability in the context of climate change

Measurement principle of radar altimetry

Validation techniques

Relative sea level

Hands-on examples of oceanographic analysis based on satellite altimetry

Lernergebnisse:

After the successful conclusion of the module, the students are able

- to understand the basic principles of atmosphere, weather, and climate and the methods for determining atmospheric composition and dynamics from space,
- to apply these principles and methods for practical problems,
- to apply the most basic principles of physical oceanography and recognize satellite altimetry as an operational remote sensing technique with important applications in geodesy, oceanography and other geosciences,
- to understand the concept of satellite altimeter missions,
- to apply altimetric observation techniques and the necessary measurement correction,
- to know about data and product availability and data access,
- to understand important analysis methods in satellite altimetry, and
- to apply them to practical problems,
- to understand the geophysical application of satellite altimetry and,
- to develop overarching concepts for monitoring several components of the Earth system

Lehr- und Lernmethoden:

The content of the module is taught in two lectures. Both are conducted in interaction with the students whereby the learning success is continuously monitored through questions to the students. Mathematical derivations and calculations are shown at the black board.

Medienform:

- presentations in electronic form
- blackboard
- selected text books and scientific publications
- online ocean data visualisation tools
- Jupyter Notebooks

Literatur:

- U. Schumann, Atmospheric Physics, Research Topics in Aerospace, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012
 - F.W. Taylor, Elementary Climate Physics, Oxford University Press, 2005.
- Further reading:
- J.M. Wallace and P.V. Hobbs, Atmospheric Science: An Introductory Survey, Academic Press, 2nd edition, 2006.
 - W. Roedel, Physik unserer Umwelt: Die Atmosphäre, Springer, 3. Auflage, 2000.
 - L. Bergmann und C. Schaefer, Lehrbuch der Experimentalphysik Band 7: Erde und Planeten, de Gruyter, 2. Auflage, 2001.
 - Stewart, R.: Introduction to Physical Oceanography (OpenSource Book)
 - Fu, L.L. and A. Cazenave (Eds.) Satellite Altimetry. International Geophysics Series, Vol. 69, San Diego, CA, 2000
 - D. Pugh and P.Woodworth. Sea-Level Science: Understanding Tides, Surges, Tsunamis and Mean Sea-Level Changes, Cambridge University Press, 2014. (available in TUM Library)
 - Richard E. Thomson , and William J. Emery. Data Analysis Methods in Physical Oceanography, Newnes, 2014 (available in TUM Library)
 - Vignudelli, S., Kostianoy, A.G., Cipollini, P. and Benveniste, J. eds., 2011. Coastal altimetry. Springer Science & Business Media. (available in TUM Library)
 - Stammer, D. and Cazenave, A. eds., 2017. Satellite altimetry over oceans and land surfaces. CRC press. (available in TUM Library)

Modulverantwortliche(r):

Roland Pail / Marcello Passaro

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Atmospheric Physics and Remote Sensing (Vorlesung, 2 SWS)

Kiemle C

Satellite Altimetry and Physical Oceanography (Vorlesung, 2 SWS)

Seitz F [L], Passaro M

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

BGU45039: Erdbeobachtungssatelliten | Earth Observation Satellites

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2020/21

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 75 | Präsenzstunden: 75 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

The expected learning outcomes are verified by a written exam of 90 min duration. In the exam it is verified that the students are able to remember and to understand the main concepts of potential field theory and the observation techniques of the Earth's gravity and magnetic field from space. The students verify that they are able to build interrelations among these concepts, that they are able to apply methods for processing of satellite gravity and magnetic field data and to link them to global potential field modelling. By means of dedicated questions, it is verified that the students are able to interpret results of gravity and magnetic field observation technologies and that they are able to build connections to system Earth processes.

In addition voluntary course work, which is composed of 3-5 exercise reports for selected topics of Earth Observation satellite data analysis, as well as the presentation on a scientific subject related to a topic of the guest lectures, is recommended as a midterm assignment. The midterm assignment is passed if as a minimum 60% of the tasks have been completed successfully. In this case, the grading can be improved by 0,3 (provided that the original grading is lower or equal 4,0). The work is usually started during supervised labs and finalized in groups as homework. Hereby the students demonstrate that they are able to apply mathematical methods and solve problems of Earth Observation data analysis in a programming environment such as Matlab. In addition to the application and implementation, the students demonstrate that they can interpret the results and verify their plausibility. With the presentation of 15-20 min duration, it is verified that the students are able to prepare and to present a scientific topic to a larger audience.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Recommended:

- Introduction to Earth System Science (BGU45037)

- Introduction to Satellite Navigation and Orbit Mechanics (BGU61029)
- Signal Processing and Microwave Remote Sensing (BGU31006)

Inhalt:

- Introduction to potential field theory
- principles of satellite gravimetry and magnetometry
- mission concept and goals of the satellite gravity missions CHAMP, GRACE, GOCE
- mission concept and goals of the magnetic field missions ØRSTED, SAC-C, SWARM
- applications of satellite gravity and magnetic field data in earth sciences

Lernergebnisse:

After the successful conclusion of the module, the students are able to

- to understand the basics of potential field theory and the mathematical description of the Earth's gravity and magnetic field;
- to understand the basic mission concepts and objectives of satellite gravity and magnetic field missions
- to recognize the relationship between the measurements and the respective potential field parameters
- to apply these concepts for the solution of practical problems of Earth Observation (EO) Data analysis
- to analyze and to interpret the results
- to link the observation of the global gravity and magnetic field and its changes to the global monitoring of the Earth system,
- to develop a logically structured presentation on a topic related to the guest lecture on EO
- to present it to an audience
- to publicly defend the contents of the scientific presentation.

Lehr- und Lernmethoden:

The module consists of a lecture, an exercise and a seminar. The contents of the lectures are communicated by developing theory and methods on the blackboard, oral presentations with powerpoint support, or calculations/drawings at the blackboard, including interactive discussions with the students. In the exercise (lab), numerical exercises on the topics covered by the lecture are performed using MATLAB. For the most part, the lab is organised as homework with the requirement of preparing a written report on methodology and results.

In the seminar the students perform a self-contained literature research and they are guided interactively how to develop an oral presentation.

Medienform:

- presentations in electronic form
- blackboard

Literatur:

- handouts

- Torge, Wolfgang; Müller, Jürgen (2012): Geodesy. 4th ed. Berlin, Boston: De Gruyter (De Gruyter textbook)
- Stolle, Claudia; Olsen, Nils; Richmond, Arthur D.; Opgenoorth, Hermann J. (Hg.) (2018): Earth's magnetic field. Understanding geomagnetic sources from the earth's interior and its environment. Dordrecht: Springer Science+Business Media B.V.2018 (Space sciences series of ISSI, vol. 60)

Modulverantwortliche(r):

Roland Pail

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Seminar with Guest Lecturers (Seminar, 1 SWS)

Pail R

Gravity and Magnetic Field from Space (Vorlesung, 2 SWS)

Pail R [L], Pail R, Gruber T

Übungen in der Erdbeobachtung (Übung, 2 SWS)

Pfaffenzeller N [L], Abrykosov P, Pfaffenzeller N

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

BGU48035: PSC - Photogrammetrie - Ausgewählte Kapitel | PSC - Photogrammetry - Selected Chapters [PSC]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|---|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester/ Sommersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 90 | Präsenzstunden: 60 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

The exams consist of a presentation of 30 minutes of a prepared scientific topic and a discussion on the topic of the presentation and the scientific field in general. The student has to show the ability to understand, prepare and present a scientific topic to a scientific auditorium. The discussion is focussed on methodological details of the presented topic and the scientific field. It is evaluated whether the students understand methods, sensors, and applications in the field of research beyond their topics and whether they can evaluate their topics in the field of research.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Introduction to Photogrammetry, Remote Sensing and Image Processing (BGU48036)

Inhalt:

Lectures on Photogrammetry and remote sensing. Different topics of state-of-the-art Photogrammetry and Remote Sensing like i.e.:

- Extraction of buildings from aerial images, satellite images, LiDAR, SAR
- Extraction of roads from aerial images, satellite images, LiDAR, SAR
- Extraction of vehicles from aerial images, satellite images, LiDAR, IR
- Classification of vegetation from aerial images, satellite images, LiDAR, SAR
- Glaciers DEM from aerial images, satellite images, LiDAR, SAR

Topics from the fields of photogrammetry, remote sensing and image analysis are selected by the students.

Lernergebnisse:

After the successful conclusion of the module Photogrammetry, the students are able

- to understand and apply methods of Photogrammatry and Remote Sensing
- to evaluate the usability of specific methods for specific tasks,
- to evaluate results in a project report
- to present scientific results to an audience, i.e. how to design slides, structure the presentation, and how to defend the content in a discussion
- to analyse problems and solution of a specific task in Photogrammetry and Remote Sensing
- to evaluate actual problems and methods in photogrammetry and remote sensing
- to prepare methodical basics and present elaborated results in a talk and report

Lehr- und Lernmethoden:

In the lecture the students evaluate technical possibilities and methods for state-of-the-art sensors (multi- and hyperspectral optical sensors, sensors in thermal infrared, airborne laserscanning, synthetic aperture radar) based on scientific publications. In a combination of lectures given by lecturers and the students themselves and paperwork, the students specialize on certain individual concepts, sensors, platforms or applications of Photogrammetry and Remote Sensing. Students prepare short lectures on their topic to recap the new knowledge every few lectures. Ongoing discussions during the lectures deepen the understanding of the different topics. By the end of the semester, every student presents his / her favorite topic in a 30 minutes presentation. This presentation should include a summary and explanation of presented methods, an evaluation and a discussion. The results, pros and cons are discussed within the group of attendees.

Medienform:

- Black / white board
- Presentation as slides
- Literature research

Literatur:

Literatur is individually related to the chosen topics. Possible sources for state-of-the-art articles are:

- ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences (www.isprs.org)
- ISPRS International Journal for Photogrammetry and Remote Sensing (www.journals.elsevier.com/isprs-journal-of-photogrammetry-and-remote-sensing)
- IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing (<https://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=4609443>)

Modulverantwortliche(r):

Uwe Stilla

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

PSC - Photogrammetry - Selected Chapters (Vorlesung, 4 SWS)

Wysocki O (Biswanath M, Greza M)

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

BGU57014: Hydrogeodäsie: Monitoring von Oberflächengewässern aus dem Weltraum | Hydrogeodesy: Monitoring surface waters from space

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

| | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 3 | Gesamtstunden: 90 | Eigenstudiums- stunden: 60 | Präsenzstunden: 30 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Schriftliche Prüfung.

Prüfungsdauer (in min.): 90

Die angestrebten Lerninhalte werden im Rahmen einer schriftlichen Prüfung abgeprüft, welche sich über die in der Lehrveranstaltung erworbenen Kompetenzen erstreckt. Mit der Prüfung wird nachgewiesen dass die Studierenden die theoretischen Grundlagen der Satellitenaltimetrie und ihres Potentials für hydrologische Anwendungen verstanden haben, Messdaten der Satellitenaltimetrie anwenden und hinsichtlich ihrer Genauigkeit bewerten können, sowie ein Verständnis dafür entwickelt haben, wie die Daten für die Kalibrierung hydrologischer Modelle genutzt werden können. Anhand typischer Beispiele wird das theoretische Verständnis und die Bewertungskompetenz geprüft. Die Prüfung erlaubt durch Fragen unterschiedlicher Schwierigkeitsstufen die Verständnistiefe individuell festzustellen, was eine realistische Einschätzung der im Modul erworbenen Kompetenzen ermöglicht.

Aktueller Hinweis angesichts des eingeschränkten Präsenzbetriebs auf Grund der CoViD19-Pandemie: Sofern die Rahmenbedingungen (Hygiene-, Abstandsregeln etc.) für eine Präsenzprüfung nicht vorliegen, kann gemäß §13a APSO die geplante Prüfungsform auf eine online-gestützte schriftliche oder mündliche Fernprüfung umgestellt werden. Die Entscheidung über diesen Wechsel wird möglichst zeitnah, spätestens jedoch 14 Tage vor dem Prüfungstermin durch die Prüfungsperson nach Abstimmung mit dem zuständigen Prüfungsausschuss bekannt gegeben.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Es werden mathematische und physikalische Grundkenntnisse vorausgesetzt, wie sie zum Beispiel in den Modulen des Bachelorstudiengangs Umweltingenieurwesen an der TUM erworben werden. Außerdem werden programmiertechnische Fähigkeiten in Matlab erwartet.

Inhalt:

1. Introduction: Geodesy, hydrogeodesy, and satellite altimetry
2. Satellite radar altimetry for inland water bodies
3. Exercise: From measured ranges to water levels
4. Inland altimetry databases
5. Exercise: Download and comparison of different inland altimetry products
6. Synergy of satellite altimetry with other satellite- and ground-based techniques (satellite gravity field observations, remote sensing images, gauges, ...)
7. Estimation of volume changes of lakes
8. Exercise: From lake level to volume changes
9. Estimation of river discharge
10. Exercise: From river level to discharge
11. Monitoring of rivers systems
12. Assimilation of altimetry-information into hydrological models
13. Guest Lecture: Hydrological model calibration with satellite data (Prof. Andreas Güntner, GFZ)
14. Alternative space-based observation techniques: Laser and Delay Doppler/SAR altimetry, GNSS-reflectometry
15. A look into the future: NASA's Surface Water & Ocean Topography (SWOT) mission

Lernergebnisse:

Nach der Teilnahme an diesem Modul sind die Studierenden in der Lage

- das Beobachtungsprinzip der Radar-Satellitenaltimetrie und ihres Potentials für hydrologische Anwendungen im Bereich von Inlandgewässern (Seen, Flüsse, Reservoirs) zu verstehen;
- Beobachtungsdaten der Satellitenaltimetrie für die Volumenbestimmung von Seen sowie für die Berechnung des Wasserabflusses von Flüssen anzuwenden;
- Die Qualität der Beobachtungsdaten der Satellitenaltimetrie im Vergleich mit Daten anderer satelliten- oder bodengestützter Beobachtungs- und Monitoringsysteme für Oberflächengewässer zu bewerten;
- die Anwendung von Beobachtungsdaten der Satellitenaltimetrie für die Kalibration hydrologischer Modelle zu verstehen;
- mit Experten aus dem Bereich der Inlandaltimetrie fachlich zu diskutieren;

Lehr- und Lernmethoden:

Die Inhalte der Veranstaltung werden vermittelt in einer Vorlesung in Interaktion mit den Studierenden und unter laufender Überprüfung des Lernerfolges durch Fragen. Mathematische Herleitungen werden an der Tafel ausgeführt. Ausgewählte Literatur wird mit den Studierenden besprochen. Die Vorlesung beinhaltet einen Gastvortrag eines Experten aus dem Bereich der

hydrologischen Modellkalibration. Vier betreute praktische Übungen (Matlab) werden im CIP-Pool durchgeführt.

Medienform:

- Tafelbild
- Präsentationsfolien in elektronischer Form
- Ausgewählte Veröffentlichungen und Buchkapitel zum Thema

Literatur:

- Fu L., Cazenave A.: Satellite Altimetry and Earth Sciences: A Handbook of Techniques and Applications. International Geophysics Series, Vol. 69, San Diego, CA, 2000.
- Vignudelli S., Kostianoy A., Cipollini P., Benveniste J.: Coastal Altimetry, Springer, ISBN: 978-3-642-12796-0, 2011.
- Ausgewählte wissenschaftliche Veröffentlichungen werden im Unterricht ausgeteilt.

Modulverantwortliche(r):

Prof. Seitz, Florian

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Hydrogeodesy: Monitoring surface waters from space (Vorlesung, 2 SWS)

Seitz F [L], Dettmering D

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

BGU57019: Geokinematik und kontinentale Hydrologie | Geokinematics and Continental Hydrology

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2020/21

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 90 | Präsenzstunden: 60 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

The expected learning outcomes are verified by a written exam of 120 min duration. In the exam it is verified that the students understand the scientific challenges of space-based geodetic data sets and its potential for geokinematic and hydrological applications, that they are able to process observation data and evaluate it with respect to its accuracy, and that they understand how the data can be used for the calibration of hydrological models. With the discussion of typical examples and specific problem settings the theoretical understanding and the evaluation skills are examined. Through questions at different levels of difficulty, the written exam allows for an individual verification of the understanding and thus a realistic assessment of the acquired competencies.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Recommended:

Basic knowledge in linear algebra, calculus, mechanics, programming with Matlab

Successful participation in the modules

- Introduction to Earth System Science (BGU45037)
- Numerical Modeling (BGU57018)
- Signal Processing and Microwave Remote Sensing (BGU13006)

Inhalt:

1. Introduction: concepts of geodetic reference systems, their realizations, the International Terrestrial Reference System (ITRS)
2. The ITRF: General aspects, review on existing ITRS realizations, geodetic space techniques, combination strategies, inconsistencies and challenges

3. Alternative reference frames: epoch reference frames, regional reference frames
4. Current developments and most recent research topics: non-linear station motions, physical datum definition, the Global Geodetic Observing System (GGOS), inter-disciplinary scientific applications
5. Satellite radar altimetry for inland water bodies, Inland altimetry databases
6. Other space-based hydrogeodetic observation techniques: Laser and Delay Doppler/SAR altimetry, GNSS-reflectometry, GRACE-FO, SWOT
7. Monitoring of rivers systems and estimation of river discharge
8. Volume changes of lakes
9. Observing continental hydrology with the GRACE gravity mission
10. Assimilation/calibration of hydrological models using hydrogeodetic information
11. Numerical exercises: Computation of water levels, river discharge and lake volume changes from satellite altimetry data

Lernergebnisse:

After the successful conclusion of the module, the students are able

- to understand the definition and the datum realization of the ITRS,
- to classify different realizations of geodetic reference systems (regional, global, epoch-wise, multi-year),
- to evaluate observations of space geodetic observation techniques regarding information content and accuracy,
- to describe different concepts for the realization of the ITRS,
- to discuss inconsistencies and to evaluate current limitations of current ITRS realizations,
- to assess the potential of current developments for the accuracy of terrestrial reference frames,
- to describe the importance of accurate terrestrial reference frames for various inter-disciplinary applications,
- to understand the measurement principle of radar altimetry and its potential for hydrological applications,
- to apply satellite altimetry data for the estimation of lake volumes and river discharge,
- to evaluate the quality of inland altimetry data, and
- to understand the application of satellite data for the calibration of hydrological models.

Lehr- und Lernmethoden:

The content of the module is taught in two lectures. Both are conducted in interaction with the students whereby the learning success is continuously monitored through questions to the students. Mathematical derivations are shown at the black board. Selected literature is discussed with the students.

The lecture Hydrogeodesy contains four supervised practical exercises conducted in the CIP-Pool.

Moreover, two guest lectures by external experts are part of the module.

Medienform:

- Presentation slides

- Lecture Notes
- Selected Scientific Publications which will be distributed in class

Literatur:

Geokinematics:

- Lecture Notes
- Kovalevsky J., Mueller I., Kolaczek B. (1989): Reference Frames in Astronomy and Geophysics, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht
- Seeber G. (2003): Satellite Geodesy, Walter de Gruyter, Berlin
- Xu G. (2010/2013): Sciences in Geodesy-I/II, Springer, Berlin
- Plag H.-P., Pearlman M. (2009): Global Geodetic Observing System, Springer, Berlin
- Selected scientific publications (distributed in the course)

Hydrogeodesy:

- Lecture notes
- Fu L., Cazenave A. (2000): Satellite Altimetry and Earth Sciences: A Handbook of Techniques and Applications. International Geophysics Series, Vol. 69, San Diego, CA
- Calmant et al (2008): Monitoring Continental Surface Waters by Satellite Altimetry, Surv. Geophys. 29:247-269
- Selected scientific publications (distributed in the course)

Modulverantwortliche(r):

Prof. Florian Seitz

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Geokinematics (Vorlesung, 2 SWS)

Seitz F [L], Bloßfeld M

Hydrogeodesy: Monitoring surface waters from space (Vorlesung, 2 SWS)

Seitz F [L], Dettmering D

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

BGU61031: Vertiefte Aspekte der Navigationstechnologie | Advanced Aspects of Navigation Technology

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2020/21

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 90 | Präsenzstunden: 60 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

A written exam of 120 min takes place in the end of the semester. The aim of the written exam is to ensure that the student has gained the required knowledge and understanding of fundamentals of receiver technology, acquired basic knowledge on signal generation, understands the functionalities of GNSS receiver modules, and are familiar with methods and strategies relevant for applications of GNSS in different fields such as geodynamics, aeronautical and space applications, time synchronization. Students are allowed to use a programmable pocket calculator.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Introduction to Satellite Navigation and Orbit Mechanic (BGU61029)

Signal Processing and Microwave Remote Sensing (BGU31006)

Inhalt:

The two courses in the module gives an overview over advanced aspects of navigation technology, including GNSS receiver technology and specific applications.

Receiver Technology:

- mathematical fundamentals and GNSS signal structures
- antenna and receiver front end
- signal acquisition, tracking loops, navigation
- mass market receivers
- advanced tracking methods

GNSS Applications: Different lecturers from DLR and from industry highlight various GNSS and navigation applications such as:

- time synchronization

- indoor navigation, sensor fusion
- real time applications
- aeronautical applications, integrity
- space applications
- applications in geodynamics

The course gives insight into current projects performed and applications developed by industry in and around Munich.

Lernergebnisse:

After the successful conclusion of the module, the students are able

- to understand the fundamentals of GNSS signals,
- to understand the structure and working principles of a GNSS receiver,
- to understand the acquisition, tracking, navigation modules of a GNSS receiver,
- to understand the basic principle of simple signal generators,
- to analyze and to assess typical GNSS applications.

Lehr- und Lernmethoden:

The module consists of a lecture in receiver technology and a seminar on GNSS applications. The lecture on receiver technology is interleaved with several exercises to the different topics that are completed as home works. This way, the students can apply the concepts presented in the lecture in practice and thus gain a deep understanding on receiver working principles and GNSS signal processing. The seminar consists of a series of invited presentations on specific GNSS topics given by different lecturers from DLR and from Industry. This gives the students also the opportunity to get an overview over industry projects and to get into contact with potential employers.

Medienform:

Powerpoint presentations, blackboard

Literatur:

- Lecture notes, handouts
- Teunissen P., Montenbruck O. (Eds): GNSS Handbook, Springer, 2017

Modulverantwortliche(r):

Prof. Dr. phil. nat. Urs Hugentobler Dipl. Math. Kathrin Frankl

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Seminar GNSS Applications (Seminar, 2 SWS)

Hugentobler U

Receiver Technology (Vorlesung, 2 SWS)

Hugentobler U [L], Arizabaleta Diez M, Sharma H

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

BGU61032: Praktikum Navigation | Navigation Labs

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2020/21

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 90 | Präsenzstunden: 60 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

The exam is carried out in the form of Laboratory assignment. During the semester, the students hand in 4-6 written lab reports of about 10 pages each, which document the labs and the lab results, and provide answers on questions relevant to the lab. These written reports are prepared in small groups and are later on discussed with the lecturer. Discussions take 60-90 min per lab and group. The grade of the module is based with equal weight on the written reports and on individual questions of the lecturer during the discussion. The aim of the written reports is to ensure that the students have gained the required competences to work with GNSS equipment, to characterise GNSS receivers and tracking data, to perform specific analysis tasks in a small team, and to document the used methods and obtained results. With the discussion the competence of the students to defend the methods applied and results obtained in the lab is verified.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Introduction to Satellite Navigation and Orbit Mechanics (BGU61029)

Satellite Navigation and Advanced Orbit Mechanics (BGU61033)

Inhalt:

Exercises and labs on

- GPS mapping
- Receiver characterization
- Multipath and ionosphere analysis
- Software correlation
- Spaceborne GPS tracking

Lernergebnisse:

After the successful conclusion of the module, the students are able

- to work with and handle GNSS equipment
- to understand and apply GNSS data analysis
- understand GNSS processing concepts
- to apply dedicated problems of GNSS including receiver technology and data collection
- to apply methods for the analysis of GNSS data
- to analyze, assess and interpret the results.

Lehr- und Lernmethoden:

The module consists of an exercise (lab). It is organized as a series of lab exercises where each exercise is introduced with a short presentation; students work in small groups using hardware and software and prepare a written report; the results of the report are discussed in the group. The work in groups on challenging topics together with immediate feedback and extended discussions of the results allows the students to deepen their understanding in GNSS and relevant applications.

Medienform:

Handouts for each lab exercise, work with hardware and software, presentation of results with written report and discussions.

Literatur:

Misra P., Enge P.; Global Positioning System (GPS): Signals, Measurements and Performance; Ganga-Jamuna Press (2001).

Modulverantwortliche(r):

Prof. phil. nat. Urs Hugentobler Dr. Oliver Montenbruck M.Sc. Inga Selmke

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Navigation Labs (Übung, 4 SWS)

Montenbruck O, Vollmair P

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

BGU61034: Präzise Nutzung von GNSS | Precise GNSS

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2023

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 75 | Präsenzstunden: 75 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

The expected learning outcomes are verified with a written exam of 120 min at the end of the semester. The aim of the written exam is to ensure that the student has gained the required knowledge and understanding for precise positioning and navigation with GNSS data and inertial sensors and of the corresponding mathematical background as listed in the intended learning outcomes and that the students are capable to discuss the methods used and the results achieved in the exercise (lab) and to put them into the proper context. The students are allowed to use 8 pages of hand-written notes and a programmable pocket calculator for the written exam as well as their reports prepared during the exercise (lab).

Lab reports can be prepared as homework and are considered as optional midterm exam. The 5-6 reports are graded and contribute, when improving it, to the overall grade with a weight of 25%.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Fundamentals of linear algebra and statistics as well as successful participation in the module "Introduction to Satellite Navigation and Orbit Mechanics" (BGU61029)

Inhalt:

The module include theory lectures with integrated exercises (3h) and exercise (lab) (2h). The aim of the module is

- to get familiar with GNSS and inertial navigation sensors, with models involved, and with processing strategies used for precise GNSS positioning applications and inertial navigation,
- to get experience with GNSS data in practical work.

The theoretical part covers:

Introduction to fundamentals of inertial navigation: angular momentum, torque and inertia tensor; coordinate transformations: direction cosines, Euler angles and quaternions; Euler equation;

Inertial sensors: gyroscopes and accelerometers; Integration of inertial measurements; Calibration of inertial sensors with satellite navigation; Integration of inertial navigation and satellite navigation: deep coupling of tracking loops, loose coupling of navigation solution; estimation of drift and scaling factor of inertial sensors, attitude determination with and without carrier phase integer ambiguity resolution.

Skill will be trained with Matlab examples.

The practical work includes:

- development of a simple point positioning tool using Matlab,
- experiments using a scientific software package to study the impact of different effects and analysis strategies on positioning results such as orbit precision, troposphere, modelling, ambiguity resolution.

The practical work is accompanied by short presentations by the participants of their results.

Lernergebnisse:

After the successful conclusion of the module, the students are able

- to understand the theory, the basic methodologies and algorithms, and the current trends for inertial navigation,
- to analyze and evaluate algorithms and methods for inertial navigation,
- to develop own algorithms for coupling inertial navigation and satellite navigation,
- to assess the impact of different model options on the positioning results
- to optimize analysis strategies to specific use cases
- to apply methods for assessing precision and accuracy of obtained positioning solutions
- to apply optimized processing strategies to analyze GNSS data for precise positioning applications

Lehr- und Lernmethoden:

In the lecture with integrated exercises the content is presented with powerpoint presentations with examples and demonstrations using Matlab. Calculations and derivations are written to the blackboard.

The students have the option to participate in a voluntary trial exam in the middle of the semester which allows them to validate that the target competences of the first part of the module have been achieved.

In the exercise (lab) the exercises are based on Matlab and on the Bernese GPS Software, a professional GNSS data analysis software. The students work in groups on specific questions and prepare a report.

Medienform:

Lecture with power-point presentations with electronic handouts and blackboard, demonstration of Matlab code. Lab exercises with electronic handouts, software user instructions, electronic tutorials with solutions.

Literatur:

Günther, C. (2022). Book Chapters on Satellite Navigation and Differential Navigation.

Mitra, P. & Enge, P (2006): GPS-Signals, Measurements and Performance. Ganga-Jamuna Press (available in the library: www.ub.tum.de)

C. Jekeli (2001): Inertial Navigation Systems with Geodic Applications, Verlag de Gruyter.

M. Grewal, L. Weill and A. Andrews (2007): Global Positioning Systems, Inertial Navigation and Integration, Wiley

Parkinson, B.W. & Spilker Jr., J.J. (1996), Global Positioning System: Theory and Applications Vol. I/II, American Institute of Aeronautics and Astronautics

Kaplan, E., Hegarty C. (2006), Understanding GPS: Principles and Applications, Second Edition, Artech House (available in the library: www.ub.tum.de)

GPS Interface Control Document, ICD-GPS-200C

Bernese GPS Software Version 5.2 User Manual

Modulverantwortliche(r):

Prof. Dr. phil. nat. Urs Hugentobler Dr.-Ing. Patrick Henkel M. Sc. Peter Vollmair

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Inertial Navigation (ESPACE) (Vorlesung mit integrierten Übungen, 3 SWS)

Henkel P [L], Henkel P

Labs in Precise GNSS (Übung, 2 SWS)

Hugentobler U [L], Vollmair P

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

BGU69002: Fernerkundung - Vertiefte Methoden | Remote Sensing - Advanced Methods

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 75 | Präsenzstunden: 75 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

The learning outcomes are examined within a parcours, consisting of

- a written exam of 60 minutes length
- a presentation of about 10 minutes.

The presentations will be given after the written exam in the classroom.

Die Lernergebnisse werden im Rahmen eines Parcours geprüft, der aus folgenden Teilen besteht

- einer schriftlichen Prüfung von 60 Minuten Dauer
- einer Präsentation von etwa 10 Minuten Dauer.

Die Präsentationen werden im Anschluss an die schriftliche Prüfung im Klassenraum gehalten.

Während die Klausur ein allgemeines Verständnis der Themen SAR-Fernerkundung, Hyperspektrale Fernerkundung und Atmosphärische Fernerkundung prüfen soll, bestätigt die Präsentation eine vertiefte Auseinandersetzung mit einem speziellen Thema aus dem Gesamtgebiet der Fernerkundung. Es soll geprüft werden, inwieweit die Studierenden in der Lage sind, technische, aufgabenorientierte Lösungen in einem theoretisch und methodisch fundierten Diskurs vor Fachpublikum zu erläutern.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundkenntnisse in Photogrammetrie, Mathematik und Physik.

Erfolgreiche Teilnahme am Modul Einführung in die Photogrammetrie, Fernerkundung und digitale Bildverarbeitung (BGU48036).

Inhalt:

Das Modul besteht aus einer Vorlesung, einer Übung und einem Seminar. Während die Vorlesung das notwendige Hintergrundwissen vermittelt, ermöglichen Übungen und Seminar problemorientiertes Lernen.

Fernerkundung - Fortgeschrittene Methoden (Vorlesung und Übung):

- Along-Track und Across-Track Interferometrie
- Differentielle SAR-Interferometrie
- Persistent Scatterer Interferometrie
- Fernerkundung der Atmosphäre
- Hyperspektrale Fernerkundung

Die interferometrische Verarbeitung von SAR-Daten wird in Tutorien geübt.

Fernerkundung (Seminar)

- tiefer Einblick in spezifische und ausgewählte Themen der aktuellen Fernerkundungsforschung

Lernergebnisse:

Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage

- Methoden der Signalverarbeitung in der Fernerkundung zu verstehen und anzuwenden
- die Anwendbarkeit spezifischer Fernerkundungsmethoden für praktische Problemstellungen zu beurteilen
- eigenständig Aufgabenstellungen aus dem Forschungsbereich der Fernerkundung zu analysieren
- methodische Grundlagen für ein ausgewähltes Forschungsthema zu erarbeiten
- alternative Ansätze in der Praxis zu bewerten und eigene Lösungen zu entwickeln
- die erarbeiteten Ergebnisse in einem Bericht und/oder Vortrag zu präsentieren

Lehr- und Lernmethoden:

Das Modul setzt sich aus einer Vorlesung, einer dazugehörigen Übung und einem Seminar zusammen. In der Vorlesung werden die Inhalte durch Referate vermittelt und diese werden in der Übung vertieft. Im Seminar werden die in der Vorlesung vermittelten Grundlagen durch selbständiges Arbeiten an einem aktuellen Forschungsthema sowie durch Präsentation und Diskussion der erzielten Ergebnisse angewendet.

Medienform:

Folien, Vorlesungsunterlagen, Übungsblätter, White-/Blackboard

Literatur:

Remote Sensing - Advanced Methods:

- Fletcher, Karen: InSAR Principles - Guidelines For SAR Interferometry Processing and Interpretation. ESA, 2007

Seminar Remote Sensing:

- selected literature (such as scientific papers) will be provided for each topic individually

Modulverantwortliche(r):

Prof. Dr.-Ing. habil. Xiaoxiang Zhu

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Lab for Remote Sensing - Advanced Methods (Übung, 1 SWS)

Zhu X

Remote Sensing - Advanced Methods (Vorlesung mit integrierten Übungen, 2 SWS)

Zhu X [L], Zhu X

Seminar Fernerkundung (Seminar, 2 SWS)

Zhu X [L], Zhu X

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

BV400016: Selbständig wissenschaftlich Arbeiten | Scientific Paper Writing

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

| | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Sommersemester |
| Credits:* 3 | Gesamtstunden: 90 | Eigenstudiums- stunden: 60 | Präsenzstunden: 30 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Students have to submit a scientific paper which will be assessed based on a number of standard criteria for a scientific paper. The students demonstrate with their papers that they have gained deeper knowledge of the specific requirements of a scientific paper, including structure, appropriate presentation of information and discussion as well as the related formalities. The students are able to develop a topic for their papers and formulate the problem statement, objectives and research questions. Furthermore, the students are able to develop a conceptual frame and present as well as analyze information and formulate conclusions. Finally, the students are able to meet the formalities of a scientific paper including proper quotations, layout and language.

Note in view of the limitations on university operations as a result of the CoViD19 pandemic: If the basic conditions (hygiene, physical distance rules, etc.) for a classroom-based examination cannot be met, the planned form of examination can be changed to a written or oral online examination in accordance with §13a APSO. The decision about this change will be announced as soon as possible, but at least 14 days before the date of the examination by the examiner after consultation with the board of examiners of the respective study program.

Wiederholungsmöglichkeit:

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Inhalt:

1. Einführung in das, was eine wissenschaftliche Arbeit ausmacht und was nicht. Inwiefern unterscheidet sich eine wissenschaftliche Arbeit von einer technischen Arbeit oder einer Beratungsarbeit?

2. Literatur suchen und auswählen.
3. Technische Schreibfähigkeiten - Struktur und Elemente eines Abstracts, einer Zusammenfassung, eines Positionspapiers oder eines Aufsatzes
4. Formulierung der wichtigsten Problemstellung und Ziele für ein Forschungspapier
5. Forschungsarbeiten lesen, verstehen und überprüfen
6. Technisches Schreiben - Makroschreiben, Gliederung
7. Referenzieren und Zitieren von Literatur mithilfe von Referenzierungssoftware
8. Technisches Schreiben - Mikroschreiben und technisches Englisch
9. Technisches Schreiben - Verwendung von Frameworks in Forschungsarbeiten
10. Konstruktive Peer Reviews durchführen
11. Überarbeitung und Verbesserung wissenschaftlicher Artikel

Lernergebnisse:

At the end of the module the students understand the main steps to prepare, write, revise and review a scientific paper. More specifically, students are able to formulate a relevant problem statement, research objective and key method for a scientific paper and design an outline for such a paper. Furthermore, the students are able to write a scientific paper by presenting and following a clear line of argument, discussion and conclusions. The students are also able to identify scientifically valid sources of information and provide references in a given reference style using a reference software. Finally, the students are able to conduct collaborative work in an academic environment.

Lehr- und Lernmethoden:

Der Unterricht erfolgt durch partizipative Vorlesungen, Übungen und Feedback zu Beiträgen. Die Unterrichtsmethode umfasst Präsentationen und Gruppendiskussionen, die den Schülern helfen, die Durchführung einer wissenschaftlichen Forschung zu verstehen.

Medienform:

Literatur:

Das Modul arbeitet mit einem Hintergrundskript, in dem verschiedene Aspekte des wissenschaftlichen Schreibens behandelt werden.

Modulverantwortliche(r):

Walter T. de Vries wt.de-vries@tum.de

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Scientific Paper Writing (Vorlesung, 1 SWS)

de Vries W [L], de Vries W (Dachaga W)

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

BV610016: Geodätische Astronomie | Geodetic Astronomy

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

| | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 3 | Gesamtstunden: 90 | Eigenstudiums- stunden: 60 | Präsenzstunden: 30 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Prüfungsdauer (in min.): 20.

Die Leistungen werden durch eine 20-minütige mündliche Prüfung am Ende des Semesters überprüft. In der Prüfung wird geprüft, inwieweit die Studierenden die astronomische Objekte erkennen und einordnen können, astronomische Reduktionen durchführen können und die wichtigsten astro-geodätischen Instrumente und Messmethoden verstehen.

Aktueller Hinweis angesichts des eingeschränkten Präsenzbetriebs auf Grund der CoViD19-Pandemie: Sofern die Rahmenbedingungen (Hygiene-, Abstandsregeln etc.) für eine Präsenzprüfung nicht vorliegen, kann gemäß §13a APSO die geplante Prüfungsform auf eine online-gestützte schriftliche oder mündliche Fernprüfung umgestellt werden. Die Entscheidung über diesen Wechsel wird möglichst zeitnah, spätestens jedoch 14 Tage vor dem Prüfungstermin durch die Prüfungsperson nach Abstimmung mit dem zuständigen Prüfungsausschuss bekannt gegeben.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Vorausgesetzt werden die Grundlagen zu astronomischen Bezugssystemen, wie sie im Modul "Erdmessung" des Bachelors Geodäsie und Geoinformation vermittelt werden.

Inhalt:

- Einführung in allgemeine Fragen der Astronomie (Sterne, Galaxien, Kosmologie)
- Einführung in die astronomische Beobachtungstechnik
- Astronomische Instrumente
- Sextant
- Digitale Astro-Fotografie

- Astronomische Objekte
- Distanzbestimmung im Kosmos
- Kosmologie
- Astronomische Bezugssysteme
- Astrometrische Reduktionen
- Zenitkamera zur Bestimmung der Lotabweichung
- Astrometriemissionen Hipparcos und Gaia
- Astronomische Beobachtung am Teleskop des Lehrstuhls

Lernergebnisse:

Nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung sind die Studierenden in der Lage,

- Himmelsobjekte zu erkennen und einzuordnen
- die Struktur des Planetensystems, der Milchstrasse und des Kosmos zu überblicken,
- verschiedene Methoden zur Distanzmessung im Weltall zu verstehen,
- die Funktionsweise und Anwendung grundlegender astro-geodätischer Instrumente wie des Sextanten, astronomischer Teleskope und der Zenitkamera zu verstehen,
- die grundlegenden astrometrischen Reduktionen auszuführen,
- die Bedeutung und Funktionsweisen astrometrischer Satellitenmissionen zu verstehen.

Lehr- und Lernmethoden:

Das Modul besteht aus einer Vorlesung mit Diskussionen und anschaulichen Beispielen und Matlab-Demonstrationen zur Vermittlung der vertieften Kenntnisse zu astronomischen Objekten, Messinstrumenten und Messmethoden sowie der Nutzung des Teleskops auf dem Dach der TUM für astronomische Beobachtungen.

Medienform:

Powerpointfolien und Handzettel. Beamer und pdf-Dokumente (auch online verfügbar).

Literatur:

Modulverantwortliche(r):

Urs Hugentobler (urs.hugentobler@bv.tum.de)

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Geodätische Astronomie (Vorlesung, 2 SWS)

Hugentobler U [L], Schlicht A

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

ED110011: Erdsystemmodellierung | Earth System Modelling

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2022

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Sommersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 75 | Präsenzstunden: 75 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Prüfungsleistung wird in Form einer 30-minütigen mündlichen Prüfung erbracht. Die Prüfungsfragen erstrecken sich von den mathematischen Grundlagen der Erdsystemmodellierung über die Prinzipien der Modellierung von Erdsystemkomponenten wie Atmosphäre, Ozeane, Biosphäre und Cryosphäre, deren Interaktionen, hin zu Methoden zur Modellevaluierung von Modellsimulationen und Datenassimilation. Es werden kurze Wissens- und Rechenaufgaben gestellt, um zu überprüfen, ob die Studierenden das gelernte Wissen schlüssig wiedergeben, die Methoden der Erdsystemmodellierung für ausgewählte Problemstellungen anwenden und die Ergebnisse bewerten können.

Die im Rahmen der Übungen durchgeführten Midterm-Leistungen eignen sich, um die Anwendung der Erdsystemmodellierung an umfangreichen praktischen Beispielen zu üben und damit den Kompetenzerwerb der Anwendung und Bewertung von Methoden und Resultaten in der Praxis zu vermitteln. Während der Übung während des Semesters haben die Studierenden die Möglichkeit Mid-Term Leistungen zu erbringen, welche die Note aus der mündlichen Prüfung um bis zu 0,3 verbessern können. Wenn mind. 50% der Punkte der Übungsaufgaben erreicht wurden, werden diese als Midterm gewertet und fließen in die Endnote mit ein. Eine Verschlechterung der Note findet nicht statt.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Es werden Grundkenntnisse in Linearer Algebra und Analysis, insbesondere gewöhnliche Differentialgleichungen, vorausgesetzt. Vorkenntnisse aus der Vorlesung "Satellitengeodäsie für Erdsystemanwendungen" (1. Semester GuG M.Sc.) sind empfohlen.

Kenntnisse in Python oder einer vergleichbaren Sprache sind notwendig.

Inhalt:

Vertiefung der Kenntnisse in Methoden der Erdsystemmodellierung:

- Einführung in die Möglichkeiten und Grenzen bei der Anwendung von Modellen, die die verschiedenen Erdsystemkomponenten (Atmosphäre, Ozeane, Biosphäre und Kryosphäre) integrieren, um die Bedeutung und Rolle dieser Komponenten in der Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft des Klimas auch im Kontext des anthropogenen Klimawandels zu untersuchen.
- Einführung in die Modellierung von geophysikalischen, biogeochemischen und atmosphärischen Prozessen und deren Wechselwirkungen im System Erde;
- Nutzung von Beobachtungsdaten zur Validierung von Erdsystemmodellen und ihrer Komponenten;
- Nichtlineare Komponenten des Erdsystems und ihre Wechselbeziehung
- Entwicklung von einfachen Klima- und Erdsystemmodellen

Lernergebnisse:

Nach Besuch des Moduls sind die Studierenden in der Lage:

- die mathematischen Grundlagen der Erdsystemmodellierung sowie die relevanten physikalischen Grundgleichungen zu erfassen
- Einblicke in die Verfügbarkeit und Nutzung von Messdaten zu demonstrieren um Modellsimulationen zu validieren;
- numerische Methoden der Modellierung anzuwenden und diese in Bezug auf Genauigkeit, Stabilität etc. zu charakterisieren;
- das Verständnis grundlegender Konzepte der Erdsystemmodellierung zu demonstrieren, von einfachen Energie-Balance-Modellen bis hin zu vollständig dreidimensionalen Erdsystemmodellen, die Atmosphäre, Ozean, Cryosphäre und terrestrische Biosphäre physikalisch koppeln;
- Konzepte zur Modellsensitivität, Rückkopplungen, Gleichgewichte sowie nichtlineares und abruptes Verhalten zu verstehen und anzuwenden;
- geeignete Erdsystemmodelle auszuwählen um spezifische Forschungsfragen zu behandeln.

Lehr- und Lernmethoden:

Das Modul besteht aus einer Vorlesung und zugehörigen begleitenden Übungsveranstaltungen. Die Inhalte der Vorlesungen werden im Vortrag und durch Präsentationen vermittelt. Durch Anwendung fragend-entwickelnder Methoden wird die Interaktion mit den Studierenden angeregt. In den Übungen werden Übungsbeispiele zu ausgewählten Themengebieten behandelt. Hier steht die Bearbeitung von Problemen und deren Lösungsfindung, teilweise in Partner- und Gruppenarbeit, im Vordergrund, um die in der Vorlesung vermittelten theoretischen Grundlagen an Hand von praktischen Aufgabenstellungen zu vertiefen und damit die Kompetenzen der eigenständigen Analyse und Bewertung von Erdsystemmodellen und deren Ergebnissen zu vermitteln. Für die praktischen Anwendungen und Übungen wird vorwiegend Python benutzt. Die Lehrveranstaltung wird auch in digitaler Form stattfinden.

Medienform:

- Tafelbild
- Präsentationen in elektronischer Form
- Skript

Literatur:

wird im Kurs bekannt gegeben

Modulverantwortliche(r):

Prof. Niklas Boers <n.boers@tum.de>

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

ED110014: Klimasignaturen in der Hydrosphäre | Climate Signatures in the Hydrosphere

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2023

| | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Sommersemester |
| Credits:* 3 | Gesamtstunden: 90 | Eigenstudiums- stunden: 45 | Präsenzstunden: 45 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Im Rahmen des Seminars führt jeweils eine Kleingruppe von 2-3 Studierenden ein Projekt zu einem aktuellen Forschungsthema durch. Die angestrebten Lerninhalte umfassen das Verstehen der Aufgabenstellung, die Entwicklung einer Lösungsstrategie innerhalb der Gruppe, die Akquise und Analyse von Beobachtungs- und Modelldaten sowie die Darstellung und Bewertung der Ergebnisse. Während der Präsenzstunden werden mit den Dozenten die bisherigen und nächsten Entwicklungsschritte diskutiert. Die eigentliche Bearbeitung der Projekte erfolgt im Eigenstudium.

Das Modul wird mit einer benoteten Präsentation abgeschlossen. Die Präsentation erfolgt in Form eines wissenschaftlichen Posters je Kleingruppe, das durch die Studierenden erarbeitet und den anderen Teilnehmenden in Form eines Kurzvortrags am Poster (etwa 20 Minuten pro Poster) vorgestellt wird. Auf dem Poster stellen die Studierenden die Zielsetzung ihres Projekts, die verwendeten Daten und Datenanalysemethoden sowie die Ergebnisse und deren Bewertung dar. Dabei sind die Beiträge der einzelnen Gruppenmitglieder kenntlich zu machen, um sie individuell bewerten zu können. Mit der Posterpräsentation wird die Fähigkeit der Studierenden geprüft, eine technisch-naturwissenschaftliche Problemstellung, den gewählten Lösungsweg, die verwendeten Daten und die Ergebnisse einschließlich ihrer Bewertung verständlich darzustellen und vor einem Publikum zu präsentieren.

Durch Fragen in einer an die Präsentation anschließenden Diskussion (etwa 15 Minuten pro Poster) werden das theoretische Verständnis und die Bewertungskompetenz individuell bewertet. Durch iteratives Vertiefen der Fragen werden die Verständnistiefe festgestellt und die im Modul erworbenen Kompetenzen der einzelnen Teilnehmenden abgeprüft. Die Posterpräsentation fließt zu 60%, die Diskussion zu 40% in die Gesamtbewertung ein."

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Es werden Matlab-Kenntnisse vorausgesetzt. Außerdem werden Grundkenntnisse in Mathematik (Lineare Algebra und Fourier-Analyse) sowie in der Signalverarbeitung vorausgesetzt.

Darüber hinaus werden Grundkenntnisse zu geodätischen Raumverfahren, Satellitengeodäsie, und Erdmessung erwartet, welche in folgenden Modulen vermittelt werden:

- "Geodätische Raumverfahren und Astronomische Geodäsie" des Bachelorstudiengangs Geodäsie und Geoinformation (BGU61027),
- "Satellitengeodäsie und Fernerkundung" des Bachelorstudiengangs Geodäsie und Geoinformation (BGU61028),
- "Numerische Geodäsie" des Bachelorstudiengangs Geodäsie und Geoinformation (BGU57017)
- "Satellite geodesy for Earth System applications" des 1. Semesters des Masterstudiengangs Geodäsie und Geoinformation.

Inhalt:

- '- Grundprinzipien, Beobachtungsdaten und Datenanalyse der Satellitenaltimetrie
- Physikalische Ozean-, Atmosphären- und Hydrologiemodelle
- Auswirkungen dynamischer Prozesse und des Klimawandels auf die Hydrosphäre, zum Beispiel: Wellenhöhen im Kontext mit Extremwetterereignissen, Meeresspiegeländerungen im Arktischen Ozean, Langzeitveränderung des Golfstroms, zeitliche Veränderungen des kontinentalen Wasserhaushalts

Lernergebnisse:

Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierenden in der Lage

- aktuelle wissenschaftliche Fragestellungen aus den Bereichen Ozean und kontinentale Hydrologie zu analysieren und Literaturrecherchen zu betreiben
- den aktuellen Stand der Forschung anhand von Literatur zu analysieren
- Daten geodätischer Satellitenmissionen, insbesondere der Satellitenaltimetrie, und physikalischer Modelle aufzubereiten und zu analysieren
- ozeanische und hydrologische Zielgrößen aus Beobachtungsdaten abzuleiten und ihre zeitlichen Veränderungen zu analysieren
- die Datenlage und -qualität vor dem Hintergrund der jeweiligen wissenschaftlichen Fragestellungen zu bewerten
- zeitliche Veränderungen ozeanischer und hydrologischer Parameter in Hinblick auf physikalische Prozesse und Klimasignale zu bewerten
- einen logisch strukturierten wissenschaftlichen Vortrag über das bearbeitete Projekt auszuarbeiten und vor Publikum zu präsentieren
- einen technischen Bericht über die Ergebnisse und Erkenntnisse zu verfassen
- mit Experten aus diversen geowissenschaftlichen Disziplinen fachlich zu diskutieren.

Lehr- und Lernmethoden:

Nach einer Einführung durch die Dozenten in das Thema der aktuellen wissenschaftlichen Fragestellungen bearbeiten die Teilnehmer des Seminars die Fragestellungen selbständig und in Kleingruppen, wobei die Dozenten die Arbeit der Studierenden in engem Kontakt begleiten.

Nach einer Literaturrecherche arbeiten die Teilnehmer mit den Beobachtungsdaten, die über die Altimeterdatenbanken des DGFI-TUM und andere Portale akquiriert werden. Unter Verwendung von Matlab oder Python werden die Daten prozessiert und analysiert, wobei die Studierenden die dafür einzusetzenden Methoden in Interaktion mit dem Dozenten selbst erarbeiten. Das Projekt wird durch die Interpretation, Bewertung und Präsentation der Ergebnisse abgeschlossen.

Medienform:

- Tafelbild
- Präsentationen in elektronischer Form
- Ausgewählte Veröffentlichungen und Buchkapitel zum Thema
- Altimeterdatenportale des DGFI-TUM:
 - (1) Open Altimeter Data Base (OpenADB)
 - (2) Database for Hydrological Time Series of Inland Waters (DAHITI)
- ausgewählte externe Datenportale

Literatur:

- Satellite Altimetry and Earth Sciences: A Handbook of Techniques and Applications, Lee-Lueng Fu, Anny Cazenave, Elsevier, ISBN: 9780080516585, 2000
- Satellite Altimetry Over Oceans and Land Surface, Detlef Stammer, Anny Cazenave, CRC Press, ISBN: 9780367874841, 2019
- MATLAB® Recipes for Earth Sciences, Martin Trauth, Springer International Publishing, ISBN: 9783030384418, DOI: 10.1007/978-3-030-38441-8, 2021
- Altimetry for the future: Building on 25 years of progress, International Altimetry Team, Advances in Space Research, DOI: 10.1016/j.asr.2021.01.022, 2021

Modulverantwortliche(r):

Prof. Dr. Florian Seitz

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

ED110040: Principles of Programming | Principles of Programming [Programming]

Algorithms and Data Structures for Computing with Geometry

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 75 | Präsenzstunden: 75 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Der erfolgreiche Abschluss dieses Moduls wird in einer schriftlichen Prüfung (90 Minuten) überprüft, in der die Studierenden nachweisen müssen, dass sie in begrenzter Zeit Probleme aus dem Bereich des Big Geospatial Data Management lösen können. Die Antworten beinhalten sowohl freie Formulierungen als auch Multiple-Choice-Fragen.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Inhalt:

In diesem Kurs werden die Studierenden anhand von Beispielen in Python und C++ in fortgeschrittene Programmierung und Algorithmen eingeführt. Es sollen auch einige Beispiele aus der Computational Geometry, der Punktwolkenverarbeitung, der Bildanalyse, etc. einbezogen werden, um - gleichzeitig - kanonische Muster oder sogar Kernbibliotheken für die Arbeit mit Daten aus Teilgebieten der Geodäsie einzuführen.

- Python, Numpy, Tensorflow
- C++11, generische Programmierung (über die Objektorientierung hinaus, von der ich erwarte, dass sie sie "ungefähr" kennen)
- Zusammenspiel von Python und C++
- Verschiedene Datenstrukturen und -techniken

Lernergebnisse:

Mit dieser Lehrveranstaltung werden die Studierenden in die Lage versetzt, ihre geodätischen Probleme mit Hilfe der Programmierung zu lösen. Sie erlangen Kenntnisse über Programmiersprachen, Algorithmen, Software-Patterns und Bibliotheken, die zur Lösung komplexer Berechnungsprobleme benötigt werden.

Lehr- und Lernmethoden:

Dieses Modul kombiniert eine Vorlesung und eine Übung. Praktische Aspekte und "inverted classroom"-Elemente sind integriert.

Medienform:

Folien, Skripte, Videos, Screencasts, Artikel, Bücher und eine spezielle Vorlesungswebseite werden für eine Kombination aus traditionellen und interaktiven Online-Elementen verwendet.

Literatur:

Modulverantwortliche(r):

Prof. Dr. Martin Werner

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Principles of Programming (Vorlesung, 3 SWS)

Werner M [L], Werner M

Tutorial for Principles of Programming (Übung, 2 SWS)

Werner M [L], Zollner J

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

ED110049: Geografische Textanalyse | Geographic text analysis [GTA]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2021/22

| | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 2 | Gesamtstunden: 60 | Eigenstudiums- stunden: 30 | Präsenzstunden: 30 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Der erfolgreiche Abschluss dieses Moduls wird in einer schriftlichen Prüfung (60 Minuten) überprüft, in der die Studierenden nachweisen müssen, dass sie in der Lage sind, in begrenzter Zeit Aufgaben aus dem Bereich der Textanalyse zu lösen. Die Antworten umfassen sowohl freie Formulierungen als auch Multiple-Choice-Fragen. Durch die Beantwortung der Fragen zeigen die Studierenden ihr Wissen über Textanalysetechniken mit einer geografischen Komponente. In offenen Fragen zeigen sie die Fähigkeit, Methoden zur automatischen Analyse zu entwickeln, zu bewerten und auf reale Probleme anzuwenden.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundkenntnisse der Programmiersprache Python sind sehr hilfreich; Kenntnisse über Textverarbeitung oder maschinelles Lernen sind hilfreich.

Inhalt:

Textdatenquellen können bei der Beantwortung geodätischer und geografischer Fragen sehr hilfreich sein und Fernerkundungsdaten auf verschiedene Weise ergänzen. Insbesondere soziale Medien haben sich als neuartige Quelle für Geodaten erwiesen, aber auch andere Textquellen wie Nachrichten oder Regierungsdatenströme sind wertvoll. In dieser Vorlesung lernen die Studierenden, wie man Textdatenquellen in großem Umfang mit Hilfe von Techniken der klassischen natürlichen Sprachverarbeitung und des modernen maschinellen Lernens für Aufgaben wie Filterung, Klassifizierung und Geokodierung analysieren kann. Diese Methoden werden anhand von Nachrichtenquellen und großen Social Media Korpora demonstriert. Ansätze für die Fusion mit anderen Geodatenquellen, insbesondere mit Fernerkundungsdaten, werden hervorgehoben. Fragen des Datenschutzes, der Ethik und der

Vertrauenswürdigkeit werden ebenfalls diskutiert. Der Vortrag enthält auch Beispiele aus der Praxis wie Katastrophenmanagement, Erkennung von Gebädefunktionen, Landnutzung usw.

Lernergebnisse:

Nach Abschluss dieses Moduls verstehen die Studierenden, welche geografischen Informationen aus Textdaten, insbesondere aus Daten sozialer Medien, gewonnen werden können. Sie sind in der Lage, Methoden zum Retrieval und zur Speicherung zu implementieren und Modelle der natürlichen Sprachverarbeitung und des maschinellen Lernens für die automatisierte Analyse großer Textdatensätze anzuwenden. Die Studierenden sind in der Lage zu beurteilen, wie und wann solche Daten zu verwenden sind, sowie die Ergebnisse zu analysieren und die verwendeten Ansätze anhand einer Vielzahl von realen Anwendungen zu bewerten.

Lehr- und Lernmethoden:

Vorlesung und Übung mit konkreten Beispielen

Medienform:

Präsentation, Handout, Beispiele und Screencasts.

Literatur:

In der Vorlesung werden Hinweise auf aktuelle Literatur zu diesem sich schnell entwickelnden Gebiet gegeben.

Modulverantwortliche(r):

Zhu, Xiaoxiang; Prof. Dr.-Ing. habil.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

ED110050: Precise GNSS Satellite Orbit Determination and Time Synchronization | Precise GNSS Satellite Orbit Determination and Time Synchronization

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2023

| | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 3 | Gesamtstunden: 90 | Eigenstudiums- stunden: 60 | Präsenzstunden: 30 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Prüfungsform: 30 min mündliche Prüfung

Die Studierenden müssen drei Laborberichte über Strahlungsdruckmodelle, ODTs-Ergebnisse und PPP-AR-Anwendungen (Precise Point Positioning - Ambiguity Resolution) einreichen, die den beschriebenen Lernergebnissen entsprechen. Jeder Bericht sollte nicht länger als 8 Seiten sein. In jedem Bericht müssen die Studierenden nachweisen, dass sie ein tieferes Verständnis des theoretischen Wissens erlangt haben, das Bernese Softwarepaket für verschiedene Anwendungen nutzen können und in der Lage sind, verschiedene Szenarien von Ergebnissen zu bewerten. Die Berichte werden nicht benotet, sind aber verpflichtend und werden als Hilfsmaterial in der mündlichen Abschlussprüfung zugelassen. In der mündlichen Prüfung beantworten die Studierenden Fragen zu allen Lernzielen (z.B. Strahlungskräfte, ODTs, PPP-AR) und diskutieren ihre Laborergebnisse. Dies ermöglicht eine iterative Überprüfung der verschiedenen Verständnisstufen.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Voraussetzung sind Grundlagen der Satellitengeodäsie und GNSS-Technik. Kenntnisse im Berner Softwarepaket sind hilfreich.

Überprüfen Sie zum Beispiel, ob Sie diese Fragen beantworten können:

- Wie viele GNSS-Konstellationen gibt es?
- Was ist die typische Höhe für einen GNSS-Satelliten?
- Wie viele GNSS-Satelliten werden mindestens benötigt, um ein vernünftiges Ortungsergebnis zu erzielen?

- d. Können Sie mindestens drei Störungen nennen, die für GNSS-Satelliten im Weltraum von Bedeutung sind?
- e. Was sind die Unterschiede zwischen gravitativen und nicht-gravitativen Störungen?
- f. Haben Sie jemals eine GNSS-Beobachtungsdatei oder eine Satellitenbahndatei gelesen?
- g. Wissen Sie etwas über GNSS-Messungen, d.h. Pseudorange, Trägerphase, Linearkombination, Fehlerquellen?
- h. Wissen Sie etwas über die Auflösung von Phasenmehrdeutigkeiten?
- i. Sind Sie mit Linux vertraut?

Inhalt:

Das Modul umfasst die Vermittlung von allgemeinen Kenntnissen über:

- GNSS-Satelliten (Konstellation, Metadaten, Attitude, Signale)
- Bahnstörungen von GNSS-Satelliten
- numerische Integration
- ODTS für GNSS-Satelliten unter Verwendung von Trackingdaten eines Bodennetzes

Detaillierte und fortgeschrittene Kenntnisse in:

- Strahlungskräfte (Sonnenstrahlung, Albedo, Wärmestrahlung) und Auswirkungen auf ODTS-Ergebnisse
- Auflösung von Mehrdeutigkeiten mit undifferenzierte Phasenmessungen
- Analyse und Bewertung verschiedener ODTS-Ergebnisse.

Zu jedem der fortgeschrittenen Themen folgen insgesamt drei Übungsaufgaben. In der ersten Übung werden die Auswirkungen verschiedener Strahlungsdruckmodelle auf die Satellitenbahnen analysiert. In der zweiten Übung werden ODTS-Ergebnisse berechnet, wobei undifferenzierte Phasenmehrdeutigkeiten auf ganzzahlige Werte fixiert werden. Die dritte Übung wendet die berechneten ODTS-Ergebnisse in PPP- und PPP-AR-Anwendungen an.

Lernergebnisse:

Nach erfolgreicher Absolvierung dieses Moduls sind die Studierenden in der Lage

- die Prinzipien und Ansätze von ODTS anhand von Trackingdaten eines Bodennetzes zu erklären;
- die Auswirkungen verschiedener Störungen (insbesondere Strahlungsdruck) im Weltraum auf Satellitenbahnen zu berechnen;
- verschiedene analytische und empirische Strahlungsmodelle zu verwenden;
- die Mehrdeutigkeitslösung (AR) unter Verwendung undifferenzierter Messungen zu interpretieren;
- das Bernese-Softwarepakets für die ODTS-Verarbeitung von Echtdateien zu verwenden;
- GNSS-ODTS-Ergebnissen mit verschiedenen Strahlungsmodellen, mit/ohne Mehrdeutigkeitslösung auszuwerten.
- ODTS-Ergebnisse in PPP- und PPP-AR-Anwendungen zu verwenden.

Lehr- und Lernmethoden:

Dieses Modul besteht aus einer Vorlesung. Der Inhalt wird den Studierenden durch Präsentationen und anschauliche Beispiele sowie durch Diskussionen vermittelt. Während der Vorlesungen gibt es drei Übungen zu den Themen Strahlungsdruckmodelle, Mehrdeutigkeitslösung und Bewertung von

ODTS-Ergebnissen (PPP/PPP-AR). Die Studenten haben die Möglichkeit, ODTS-Ergebnisse mit echten GNSS-Daten zu berechnen.

Medienform:

Powerpoint-Präsentationen mit Handouts in elektronischer Form; Wandtafel, Tutorial zur Einführung in die Übungen

Literatur:

'Montenbruck, O., E. Gill: Satellite Orbits, Springer Verlag, 2005

Modulverantwortliche(r):

Hugentobler, Urs; Prof. Dr.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

GNSS Satellitenbahnbestimmung und Uhrensynchronisation (Vorlesung mit integrierten Übungen, 2 SWS)

Duan B [L], Duan B

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

ED110064: Erdsystemdynamik in Modellen und Beobachtungen | Earth System Dynamics in Models and Observations

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2022

| | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Sommersemester |
| Credits:* 3 | Gesamtstunden: 90 | Eigenstudiums- stunden: 60 | Präsenzstunden: 30 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Prüfungsleistung wird in Form einer Projektarbeit erbracht. Das zu bearbeitende Thema wird auf Grundlage einer zu Beginn vorgestellten Liste möglicher Themen, basierend auf einer Auswahl wissenschaftlicher Publikationen zu Observationen und Modellierung der Erdsystemdynamik ausgewählt. Zunächst wird die Problemstellung in Rücksprache mit dem Dozenten definiert und geeignete Methoden zur Bewältigung identifiziert. Die Projektarbeit soll einen Umfang von 10 bis 12 Seiten umfassen; hierbei soll zu gleichen Teilen 1) die zu bearbeitenden Publikationen aus dem Bereich der Erdsystemdynamik insbesondere im Hinblick auf Aspekte von Beobachtungsdaten und Modellierungsansätze in den größeren Literaturkontext eingeordnet, 2) die verwendeten Beobachtungs- und Modellierungs-Methoden dargestellt, 3) die Resultate beschrieben und 4) die Ergebnisse kritisch diskutiert und insbesondere im Hinblick auf die Schlüssigkeit der verwendeten Methoden und Folgerungen bewertet werden. Die Projektarbeit wird von einer Präsentation vor den anderen Teilnehmer*innen des Moduls begleitet, um einerseits den Zwischenstand der Bewältigung des gestellten Themas, und andererseits die Kompetenz der mündlichen Vermittlung des gewählten Themas zu überprüfen.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Vorkenntnisse aus der Erdsystemwissenschaft und insbesondere der Erdsystemdynamik sowie Erfahrung mit Methoden zur Generierung von Messdaten aus dem Erdsystem sind empfohlen, aber keine Voraussetzung.

Inhalt:

Gewinnung von Kenntnissen zur Analyse des Erdsystems mit Fokus auf der Kombination von Modellierungsansätzen und Beobachtungsdaten:

- datengetriebene dynamische Modellierung und die Unterschiede zur prozessbasierten Modellierung
- Geodätische Generierung von Daten zur Modellkalibrierung und -evaluation
- Unsicherheiten in Beobachtungen und ihre Auswirkungen auf resultierende Modelle

Lernergebnisse:

Nach dem Besuch des Moduls sind die Studierenden in der Lage:

- die Grundlagen der dynamischen Modellierung des Erdsystems wiederzugeben
- die wesentlichen Aspekte zur Gewinnung von Beobachtungsdaten über das Erdsystems wiederzugeben
- Unsicherheiten in Messdaten abzuschätzen
- die Propagation von Messgenauigkeiten auf datengetriebene Modelle und ihre Parameter abzuschätzen
- geeignete Methoden zur Evaluation von Simulationsdaten unter Verwendung entsprechender Messdaten zu identifizieren

Lehr- und Lernmethoden:

Das Modul besteht aus einem Seminar, in dem Vorträge von den Studierenden gehalten werden und die vorgetragenen Inhalte kritisch diskutiert werden. Insbesondere werden einführend für die Studierenden zugängliche Review Paper vorgestellt und diskutiert. Im Verlauf werden dann auch wissenschaftliche Publikationen zur Erdsystemdynamik aus der kombinierten Beobachtungs- und Modellierungsperspektive vogetragen, diskutiert und bewertet. In der als Prüfungsleistung vorgesehenen Projektarbeit werden die Themen vertieft, falls möglich werden wissenschaftliche Ergebnisse aus den Publikationen in angemessenem Maße reproduziert und weitergeführt. Die Lehrveranstaltung wird auch in digitaler Form stattfinden.

Medienform:

Beamer / Slides

Literatur:

Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J. et al. (2020). The emergence and evolution of Earth System Science. Nat Rev Earth Environ 1, 54–63

Modulverantwortliche(r):

Prof. Niklas Boers

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

ED110065: Maschinelles Lernen in der Erdsystemmodellierung | Machine Learning in Earth System Modelling

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

| | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|--|---|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester/ Sommersemester |
| Credits:* 3 | Gesamtstunden: 90 | Eigenstudiums- stunden: 60 | Präsenzstunden: 30 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Prüfungsleistung wird in Form eines Seminarvortrags erbracht. Das zu bearbeitende Thema wird auf Grundlage einer zu Beginn vorgestellten Liste möglicher Themen, basierend auf einer Auswahl wissenschaftlicher Publikationen zur Ansätzen aus der theoretischen Physik in den Klima- und Erdsystemwissenschaften ausgewählt. Zunächst wird die Problemstellung in Rücksprache mit dem Dozenten definiert und geeignete Methoden zur Bewältigung identifiziert. Der Seminarvortrag soll 45 min dauern. Hierbei soll zu gleichen Teilen 1) die zu bearbeitenden Publikationen in den größeren Literaturkontext eingeordnet, 2) die verwendeten Methoden dargestellt, 3) die Resultate beschrieben und 4) die Ergebnisse kritisch diskutiert und insbesondere im Hinblick auf die Schlüssigkeit der verwendeten Methoden und Folgerungen bewertet werden.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Vorkenntnisse aus der Erdsystemwissenschaft und insbesondere der Erdsystemdynamik, sowie Erfahrung mit Methoden des Maschinellen Lernens sind empfohlen, aber keine Voraussetzung.

Inhalt:

Gewinnung von Kenntnissen über datengetriebene und prozessbasierte Modellierung des Erdsystems und seiner Komponenten:

- Klassische prozessbasierte Modellierungsansätze für die Erdsystemmodellierung mit Differentialgleichungen
- Lineare / nichtlineare / parametrische und nicht-parametrische Modellierungsansätze
- Inverse / daten-getriebene Modellierung
- Recurrent & Convolutional Neural Networks zur dynamischen Modellierung

- Erklärbare und Interpretierbare Künstliche Intelligenz

Lernergebnisse:

Nach dem Besuch des Moduls sind die Studierenden in der Lage:

- die Grundlagen der Modellierung des Erdsystems wiederzugeben
- lineare und nichtlineare Methoden des Machine Learnings, die für die Modellierung der Dynamik des Erdsystems relevant sind, wiederzugeben
- Methoden zur Erklärung und Interpretierbarkeit insbesondere von tiefen Neuronalen Netzwerken zu verstehen und mit ihrer Hilfe Prozesse der Erdsystemdynamik zu identifizieren
- Ansätze zur Kombination von prozessbasierten und datengetriebenen / Machine-Learning-Modellen zu verstehen und kritisch zu bewerten.

Lehr- und Lernmethoden:

Das Modul besteht aus einem Seminar, in dem Vorträge von den Studierenden gehalten werden und die vorgetragenen Inhalte kritisch diskutiert werden. Insbesondere werden einführend für die Studierenden zugängliche Review Paper vorgestellt und diskutiert. Im Verlauf werden dann auch wissenschaftliche Publikationen zum Thema "Machine Learning in Earth System Modelling" vorgetragen, diskutiert und bewertet. In der anschließenden Projektarbeit werden die Themen vertieft, falls möglich werden wissenschaftliche Ergebnisse aus den Publikationen in angemessenem Maße reproduziert und weitergeführt.

Die Lehrveranstaltung wird auch in digitaler Form stattfinden.

Medienform:

Beamer / Slides

Literatur:

Chris Huntingford et al 2019 Environ. Res. Lett. 14 124007

Reichstein, M., Camps-Valls, G., Stevens, B. et al. Deep learning and process understanding for data-driven Earth system science. Nature 566, 195–204 (2019)

Rolnick et al.: Tackling Climate Change with Machine Learning, arXiv 2019

Modulverantwortliche(r):

Boers, Niklas; Prof. Dr. rer. nat.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Maschinelles Lernen in der Erdsystemmodellierung (Seminar, 2 SWS)

Gelbrecht, Hess P

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

ED110066: Kippunkte in der Dynamik des Erdsystems | Tipping Points in Earth System Dynamics

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

| | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|--|---|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester/ Sommersemester |
| Credits:* 3 | Gesamtstunden: 90 | Eigenstudiums- stunden: 60 | Präsenzstunden: 30 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Prüfungsleistung wird in Form eines Seminarvortrags erbracht. Das zu bearbeitende Thema wird auf Grundlage einer zu Beginn vorgestellten Liste möglicher Themen, basierend auf einer Auswahl wissenschaftlicher Publikationen zur Ansätzen aus der theoretischen Physik in den Klima- und Erdsystemwissenschaften ausgewählt. Zunächst wird die Problemstellung in Rücksprache mit dem Dozenten definiert und geeignete Methoden zur Bewältigung identifiziert. Der Seminarvortrag soll 45 min dauern. Hierbei soll zu gleichen Teilen 1) die zu bearbeitenden Publikationen in den größeren Literaturkontext eingeordnet, 2) die verwendeten Methoden dargestellt, 3) die Resultate beschrieben und 4) die Ergebnisse kritisch diskutiert und insbesondere im Hinblick auf die Schlüssigkeit der verwendeten Methoden und Folgerungen bewertet werden.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Vorkenntnisse aus der Erdsystemwissenschaft und insbesondere der Erdsystemdynamik sind empfohlen, aber keine Voraussetzung.

Inhalt:

Gewinnung von Kenntnissen über nichtlineares und kritisches/abruptes Verhalten im Erdsystem:

- zu Grunde liegende methodische Ansätze zur mathematischen Beschreibung nichtlinearer Dynamik
- Beispiele von multistabilen Komponenten des Erdsystems:
 - Grönland Eisschild
 - Antarktischer Eisschild
 - Amazonas Regenwald

- tropische Monsunsysteme
- Atlantic Meridional Overturning Circulation
- Methoden zur Modellierung dieser Komponenten und ihrer Wechselwirkungen

Lernergebnisse:

Nach der Belegung des Moduls sind die Studierenden in der Lage:

- die Grundlagen nichtlinearer Prozesse im Erdsystem wiederzugeben
- Beispiele für nichtlineares Verhalten in Teilen des Erdsystems wiederzugeben
- kritisches/abruptes Verhalten von anderen nichtlinearen Prozessen zu unterscheiden
- Modellierungsansätze für nichtlineares und kritisches/abruptes Verhalten im Erdsystem kritisch zu bewerten

Lehr- und Lernmethoden:

Das Modul besteht aus einem Seminar, in dem Vorträge von den Studierenden gehalten werden und die vorgetragenen Inhalte kritisch diskutiert werden. Insbesondere werden einführend für die Studierenden zugängliche Review Paper vorgestellt und diskutiert. Im Verlauf werden dann auch wissenschaftliche Publikationen zu Tipping Points in der Dynamik des Erdsystems vorgetragen, diskutiert und bewertet. In der als Prüfungsleistung vorgesehenen Projektarbeit werden die Themen vertieft, falls möglich werden wissenschaftliche Ergebnisse aus den Publikationen in angemessenem Maße reproduziert und weitergeführt.

Die Lehrveranstaltung wird auch in digitaler Form stattfinden.

Medienform:

Beamer / Slides

Literatur:

Timothy M. Lenton, Hermann Held, Elmar Kriegler, Jim W. Hall, Wolfgang Lucht, Stefan Rahmstorf, Hans Joachim Schellnhuber: Tipping elements in the Earth's climate system, Proceedings of the National Academy of Sciences Feb 2008, 105 (6) 1786-1793

Modulverantwortliche(r):

Boers, Niklas; Prof. Dr. rer. nat.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Kippunkte im Erdsystem (Seminar, 2 SWS)

Mitsui T, Ben Yami M, Blaschke L, Bathiany S

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

ED110068: Modellierung und Maschinelles Lernen von dynamischen Systemen in Julia | Modelling and Machine Learning of Dynamical Systems in Julia

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|---|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester/ Sommersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 90 | Präsenzstunden: 60 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Prüfungsleistung wird in Form einer Projektarbeit erbracht. Das zu bearbeitende Thema wird auf Grundlage einer zu Beginn vorgestellten Liste möglicher Themen, basierend auf einer Auswahl von zu modellierenden und zu analysierenden Beispielsystemen. Zunächst wird die Problemstellung in Rücksprache mit dem Dozenten definiert und geeignete Methoden zur Bewältigung identifiziert. Die Projektarbeit soll in Form eines Jupyter Notebooks abgegeben werden und im Umfang dem Äquivalent von 10 bis 12 Seiten umfassen; hierbei soll zu gleichen Teilen 1) der Hintergrund des zu bearbeitenden Modellsystems vorgestellt, 2) die verwendeten Modellierungs- und Analyse-Methoden dargestellt, 3) die Resultate beschrieben und 4) die Ergebnisse kritisch diskutiert und insbesondere im Hinblick auf die Schlüssigkeit der verwendeten Methoden und Folgerungen bewertet werden.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundkenntnisse des Programmierens in einer High-Level-Sprache wie z.B. Python oder Julia.

Inhalt:

Gewinnung und Vertiefung von Kenntnissen zur Verwendung der Programmiersprache Julia zur Analyse und Modellierung nichtlinearer dynamischer Systeme:

- grundlegende Funktionsweise der Programmiersprache Julia
- nichtlineare und chaotische dynamische Systeme
- Zeitreihenanalyse mit Fokus auf nichtlinearer Dynamik

- einfache Machine-Learning-Ansätze zur datengetriebenen Modellierung
- Beispiele aus der Erdsystem- und Klimamodellierung und anderer Felder

Lernergebnisse:

Nach dem Besuch des Moduls verfügen die Studierenden über umfangreiche Kenntnisse zur Analyse und Simulation nichtlinearer dynamischer Systeme, insbesondere

- die Programmiersprache Julia wird in ihren Grundzügen selbständig beherrscht
- die Grundlagen der Theorie nichtlinearer dynamischer Systeme können wiedergegeben werden
- einfache Beispiele nichtlinearer Systeme können in Julia implementiert und analysiert werden
- Daten / Zeitreihen dynamischer Systeme können in Julia analysiert werden.

Lehr- und Lernmethoden:

Das Modul besteht aus einer Vorlesung und einer dazugehörigen Übung. Die Inhalte werden zunächst in der Vorlesung theoretisch und an Hand von Beispielen vermittelt. In den Übungen lernen die Studierenden dann, das gelernte Wissen selbst anzuwenden und kreativ einzusetzen, um Übungsaufgaben zu lösen, welche auf die numerische Analyse und Simulation nichtlinearer dynamischer Systeme fokussieren.

Die Lehrveranstaltung wird auch in digitaler Form stattfinden.

Medienform:

Beamer / Slides / Jupyter Notebooks

Literatur:

Jeff Bezanson, Alan Edelman, Stefan Karpinski, Viral B. Shah: Julia: A Fresh Approach to Numerical Computing, SIAM REVIEW Vol. 59, No. 1, pp. 65–98

Modulverantwortliche(r):

Boers, Niklas; Prof. Dr. rer. nat.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Modellierung und Maschinelles Lernen von dynamischen Systemen in Julia - Übung (Übung, 2 SWS)

Boers N [L], Gelbrecht, White A

Modellierung und Maschinelles Lernen von dynamischen Systemen in Julia (Vorlesung, 2 SWS)
Gelbrecht, White A

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

ED110068: Wissenschaftliches Programmieren und Dynamische Modellierung in Julia | Scientific Programming and Dynamical Modelling in Julia

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2022

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|---|---|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester/ Sommersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 105 | Präsenzstunden: 45 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Prüfungsleistung wird in Form einer Projektarbeit erbracht. Das zu bearbeitende Thema wird auf Grundlage einer zu Beginn vorgestellten Liste möglicher Themen, basierend auf einer Auswahl von zu modellierenden und zu analysierenden Beispielsystemen. Zunächst wird die Problemstellung in Rücksprache mit dem Dozenten definiert und geeignete Methoden zur Bewältigung identifiziert. Die Projektarbeit soll in Form eines Jupyter Notebooks abgegeben werden und im Umfang dem Äquivalent von 10 bis 12 Seiten umfassen; hierbei soll zu gleichen Teilen 1) der Hintergrund des zu bearbeitenden Modellsystems vorgestellt, 2) die verwendeten Modellierungs- und Analyse-Methoden dargestellt, 3) die Resultate beschrieben und 4) die Ergebnisse kritisch diskutiert und insbesondere im Hinblick auf die Schlüssigkeit der verwendeten Methoden und Folgerungen bewertet werden.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundkenntnisse des Programmierens in einer High-Level-Sprache wie z.B. Python oder Julia.

Inhalt:

Gewinnung und Vertiefung von Kenntnissen zur Verwendung der Programmiersprache Julia zur Analyse und Modellierung nichtlinearer dynamischer Systeme:

- grundlegende Funktionsweise der Programmiersprache Julia
- nichtlineare und chaotische dynamische Systeme

- Zeitreihenanalyse mit Fokus auf nichtlinearer Dynamik
- einfache Machine-Learning-Ansätze zur datengetriebenen Modellierung
- Beispiele aus der Erdsystem- und Klimamodellierung und anderer Felder

Lernergebnisse:

Nach dem Besuch des Moduls verfügen die Studierenden über umfangreiche Kenntnisse zur Analyse und Simulation nichtlinearer dynamischer Systeme, insbesondere

- die Programmiersprache Julia wird in ihren Grundzügen selbständig beherrscht
- die Grundlagen der Theorie nichtlinearer dynamischer Systeme können wiedergegeben werden
- einfache Beispiele nichtlinearer Systeme können in Julia implementiert und analysiert werden
- Daten / Zeitreihen dynamischer Systeme können in Julia analysiert werden.

Lehr- und Lernmethoden:

Das Modul besteht aus einer Vorlesung und einer dazugehörigen Übung. Die Inhalte werden zunächst in der Vorlesung theoretisch und an Hand von Beispielen vermittelt. In den Übungen lernen die Studierenden dann, das gelernte Wissen selbst anzuwenden und kreativ einzusetzen, um Übungsaufgaben zu lösen, welche auf die numerische Analyse und Simulation nichtlinearer dynamischer Systeme fokussieren.

Die Lehrveranstaltung wird auch in digitaler Form stattfinden.

Medienform:

Beamer / Slides / Jupyter Notebooks

Literatur:

Jeff Bezanson, Alan Edelman, Stefan Karpinski, Viral B. Shah: Julia: A Fresh Approach to Numerical Computing, SIAM REVIEW Vol. 59, No. 1, pp. 65–98

Modulverantwortliche(r):

Boers, Niklas; Prof. Dr. rer. nat.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Modellierung und Maschinelles Lernen von dynamischen Systemen in Julia (Vorlesung, 2 SWS)
Gelbrecht, White A

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

ED110070: Astronomie Seminar | Astronomy Seminar

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2022

| | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Sommersemester |
| Credits:* 3 | Gesamtstunden: 90 | Eigenstudiums- stunden: 45 | Präsenzstunden: 45 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Das Modul wird mit einer Präsentation von mind. 30 Min. abgeschlossen, welche als Studienleistung eingebracht wird.

Mit der Studienleistung wird überprüft, ob die Studierenden die Kompetenz erworben haben, die Anforderungen an ein von ihnen selbst gewähltes Thema im Bereich der Geodätischen Astronomie sowohl in wissenschaftlicher als auch in technischer Hinsicht zu definieren, zu analysieren und aus zu werten. Hierfür sind Recherchearbeiten und die Anwendung von bereits im Studium erworbenen Kompetenzen erforderlich. Der Betrieb eines Teleskopes erfordert nicht nur technische Kompetenz und Erfahrung im programmieren von Software, sondern auch das Arbeiten im Team. Teamarbeit und Austausch von Kompetenzen innerhalb des Teams von Studierenden soll gefordert werden. Die Teams werden hierbei von den Dozenten beratend begleitet.

Weitere Informationen zur Studienleistung: Zum Abschluss des Seminars gibt das Team der Studierenden einen Gesamtüberblick über das Projekt und die entsprechenden wissenschaftlichen und technischen Anforderungen. Während der Präsenzstunden werden mit den Dozenten die bisherigen und nächsten Entwicklungsschritte diskutiert. Die eigentliche Bearbeitung der Studienleistung erfolgt in Eigenstudium.

Aktueller Hinweis angesichts des eingeschränkten Präsenzbetriebs auf Grund der CoViD19-Pandemie: Sofern die Rahmenbedingungen (Hygiene-, Abstandsregeln etc.) für eine Präsenzprüfung nicht vorliegen, kann gemäß §13a APSO die geplante Prüfungsform auf eine online-gestützte schriftliche oder mündliche Fernprüfung umgestellt werden. Die Entscheidung über diesen Wechsel wird möglichst zeitnah, spätestens jedoch 14 Tage vor dem Prüfungstermin durch die Prüfungsperson nach Abstimmung mit dem zuständigen Prüfungsausschuss bekannt gegeben.

Wiederholungsmöglichkeit:

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Es werden grundlegende Kenntnisse in Mathematik, Physik und Ingenieurwissenschaften empfohlen, wie sie typischerweise in einem Bachelor-Ingenieurstudiengang erworben werden.

Inhalt:

Lehrveranstaltung: „Astronomie-Seminar: von der Aufnahme zur Wissenschaft“

Die Veranstaltung wird grundsätzlich als Seminar geführt in dem folgende Inhalte adressiert werden: Definition von wissenschaftlichen und technischen Anforderungen auf einem speziellen Gebiet der Geodätischen Astronomie; Einführung der verschiedenartigen Komponenten eines Observatoriums (Teleskop, Dom, Software, usw.); Planung und Organisation von Messkampagnen; Erstellen von Programmen zur Datenprozessierung; Darstellung der wissenschaftlichen Ergebnisse.

Lernergebnisse:

Nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung sind die Studierenden in der Lage,

- die Komponenten die zum Betrieb eines Teleskopes nötig sind zu verstehen,
- automatische Bilder mit einer CCD Kamera aufzunehmen, die an ein Teleskop montiert ist,
- die wissenschaftlichen Anforderungen an Astrometrische Aufnahmen zu definieren,
- Die Position in Rektaszension und Deklination eines Objektes mit Hilfe eines Fotos vor dem Sternenhintergrund zu extrahieren,
- Lichtkurven aufnehmen,
- Software für die Astronavigation zu erstellen
- die technischen Voraussetzungen für einen Routinebetrieb eines Teleskops zu begreifen

Lehr- und Lernmethoden:

Die Lehrveranstaltung wird in Seminarform abgehalten, d.h. die Studierenden arbeiten zum vorgegebenen Thema ein entsprechendes Konzept aus und präsentieren die Zwischen- und Endergebnisse den Dozenten. Diese werden dann in der Gesamtgruppe diskutiert und das weitere Vorgehen wird besprochen.

Medienform:

Präsentationen, Dokumente, Webseite

Literatur:

Modulverantwortliche(r):

Schlicht, Anja; Dr. rer. nat.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Astronomie Club (Seminar, 1 SWS)

Schlicht A [L], Schlicht A

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

ED110087: Datenwissenschaft in der Erdbeobachtung | Data Science in Earth Observation

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|---|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester/ Sommersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 75 | Präsenzstunden: 75 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die erwarteten Lernergebnisse werden durch eine Projektarbeit überprüft.

Das Thema der Projektarbeit wird aus einer Liste praktischer datenwissenschaftlicher Probleme in der Erdbeobachtung ausgewählt, z. B. Klassifizierung der Landnutzung, Segmentierung von Gebäudegrundrissen, Schätzung der Biomasse usw. Die Studierenden werden in Teams von 2-3 Personen arbeiten. Jedes Team muss ein maschinelles Lernmodell für die gewählte Aufgabe entwerfen, implementieren und testen. Ein Abschlussbericht von etwa 10 Seiten Länge, der die Forschungsergebnisse beschreibt, muss eingereicht werden.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Es werden Grundkenntnisse in Linearer Algebra und Analysis, Schätztheorie, vorausgesetzt. Vorkenntnisse aus den Vorlesungen Physik 1 & 2, sowie Höhere Mathematik 1 & 2, des BSc Studiengangs Geodäsie und Geoinformation sind empfohlen.

Kenntnisse in Python, Matlab oder einer vergleichbaren Sprache sind notwendig.

Inhalt:

Vertiefung des Kenntnisstands in den Datenwissenschaften und der Erdbeobachtung:

- Einführung in die mathematischen Grundlagen der Methoden maschinellen Lernens (ML), insb. der sog. support vector machines, random forests, deep neural networks, convolutional neural networks, sowie recurrent neural networks;
- Erläuterung typischer Aufgaben in der Erdbeobachtung wie die Klassifizierung in der Bildgebung, die Bildsegmentierung und -regression, sowie der damit verbundenen ML Methoden;

- Erläuterung aktueller Forschungsfelder der Datenwissenschaften im Bereich der Erdbeobachtung zu: Herausforderungen für ML Modelle durch die Verwendung unterschiedlicher Sensoren und Kameras oder die Beobachtung unterschiedlicher geographischer Umgebungen (sog. domain shifts), sowie die damit verbundene Forschung an category gaps, sparse / erroneous labels sowie generalizability und transferrability;
- Erläuterung eines typischen ML workflows im Bezug auf Problemstellungen in der Erdbeobachtung wie zum Beispiel sog. überwachtes oder unüberwachtes ML;
- Erläuterung des Unterschiedes zwischen physikalischen und datengetriebenen Modellen sowie der Quantifizierung von Unsicherheiten bei Problemen der Erdbeobachtung;
- AI4EO Hackathons zur Konsolidierung des theoretischen Wissens
- Entwicklung eines konkreten ML Modells im Bereich der Erdbeobachtung als Projektarbeit

Lernergebnisse:

Mit erfolgreichem Abschluss des Moduls erreichen die Studierenden die folgenden Lernziele:

- Grundlegendes Verständnis typischer Methoden des maschinellen Lernens (ML) wie zum Beispiel der sog. support vector machines, random forest, oder deep neural networks;
- Verständnis der verschiedenen ML Methoden, sowie ihre typischen Anwendungen in der Erdbeobachtung;
- Verständnis des Unterschieds zwischen einem wohldefinierten physikalischen Modell und einem ML Modell, sowie die jeweiligen Vor- und Nachteile;
- Kenntnis der Methoden zur Quantifizierung von Unsicherheiten in sog. deep neural networks;
- Verständnis eines typischen ML workflows im Bezug auf Problemstellungen in der Erdbeobachtung wie zum Beispiel reference data labeling, neural network architecture design, model training, fine tuning, validation, etc;
- Auswahl und Implementierung geeigneter Modelle für spezifische Probleme in der Erdbeobachtung; Design von Experimenten zum Vergleich unterschiedlicher Modelle; Validierung der Genauigkeit der Ergebnisse;
- Anfertigung präziser und sachlicher wissenschaftlicher Forschungsberichte

Lehr- und Lernmethoden:

Das Modul besteht aus einer Vorlesung und zugehörigen begleitenden Übungsveranstaltungen. Die Inhalte der Vorlesungen werden im Vortrag und durch Präsentationen vermittelt. Durch Anwendung fragend-entwickelnder Methoden wird die Interaktion mit den Studierenden angeregt. In den Übungen werden Übungsbeispiele zu ausgewählten Themengebieten behandelt. Hier steht die Bearbeitung von Problemen und deren Lösungsfindung, teilweise in Partner- und Gruppenarbeit, im Vordergrund, um die in der Vorlesung vermittelten theoretischen Grundlagen an Hand von praktischen Aufgabenstellungen zu vertiefen und damit die Kompetenzen der eigenständigen Analyse und Bewertung von Machine-Learning Modellen und deren Ergebnissen zu vermitteln.

Das Hackathon wird den Studenten helfen, sich mit typischen Problemlösungen in der Erdbeobachtung vertraut zu machen. Für dem Hackathon wird vorwiegend Python benutzt.

Medienform:

- Tafelbild

- Präsentationen in elektronischer Form
- Skript und Erdbeobachtungsdaten

Literatur:

Gustau Camps-Valls, Devis Tuia, Xiao Xiang Zhu, Markus Reichstein (Editors) (2021). Deep learning for the Earth Sciences: A comprehensive approach to remote sensing, climate science and geosciences, Wiley & Sons, 2021.

Modulverantwortliche(r):

Zhu, Xiaoxiang; Prof. Dr.-Ing. habil.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Data Science in Earth Observation (Vorlesung mit integrierten Übungen, 5 SWS)

Zhu X [L], Zhu X

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

ED110088: Mathematik der Klima- und Erdsystemwissenschaften | Mathematics of Climate and Earth System Science

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2023

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|---|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 9 | Gesamtstunden: 270 | Eigenstudiums- stunden: 180 | Präsenzstunden: 90 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Prüfungsleistung wird in Form einer 30-minütigen mündlichen Prüfung erbracht. Die Prüfungsfragen erstrecken sich von den Grundlagen der Modellierung des Energiebudgets des Erdsystems über die Theorie nichtlinearer dynamischer Systeme, Bifurkationen, Fluidmechanik, nichtautonome dynamische Systeme, hin zu stochastischen Differentialgleichungen, sowie kritischen Übergängen im Erdsystem. Es werden kurze Wissens- und Rechenaufgaben gestellt um zu überprüfen, ob die Studierenden das gelernte Wissen schlüssig wiedergeben, die mathematischen Grundlagen der Erdsystemwissenschaft für ausgewählte Problemstellungen anwenden und die Ergebnisse bewerten können.

Die im Rahmen der Übungen durchgeführten Übungsaufgaben eignen sich, um die Vorlesungsinhalte an umfangreichen Beispielen zu üben und damit den Kompetenzerwerb der Anwendung und Bewertung von Methoden und Resultaten in der Praxis zu vermitteln.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundkenntnisse in Analysis und Linearer Algebra, sowie des Programmierens in einer High-Level Sprache wie zB Python oder Julia sind von Vorteil

Inhalt:

Gewinnung und Vertiefung von Kenntnissen zur mathematischen Analyse und Modellierung von nichtlinearen Prozessen im Klima- und Erdsystem, insbesondere

- analytische und numerische Methoden zur Analyse von Problemen aus den Klima- und Erdsystemwissenschaften
- nichtlineare und chaotische dynamische Systeme
- Zeitreihenanalyse mit Fokus auf nichtlinearer Dynamik

- nichtautonome, und stochastische dynamische Systeme
- kritische Übergänge und Tipping Points im Erdsystem

Lernergebnisse:

Nach dem Besuch des Moduls verfügen die Studierenden über umfangreiche Kenntnisse über die mathematischen Grundlagen in den Erdsystemwissenschaften und der Klimaforschung, insbesondere

- die Grundlagen der Modellierung des Energiegleichgewichts können erklärt werden
- die Grundlagen der Theorie nichtlinearer dynamischer Systeme und stochastischer Differentialgleichungen können wiedergegeben werden
- die Grundgleichungen der Fluidmechanik können hergeleitet und analysiert werden
- Daten / Zeitreihen aus Prozessen des Klima- und Erdsystems können mathematisch rigoros analysiert werden

Lehr- und Lernmethoden:

Das Modul besteht aus einer Vorlesung und einer dazugehörigen Übung. Die Inhalte werden zunächst in der Vorlesung theoretisch und an Hand von Beispielen vermittelt. In den Übungen lernen die Studierenden dann, das gelernte Wissen selbst anzuwenden und kreativ einzusetzen, um Übungsaufgaben zu lösen, welche auf die analytische und numerische Untersuchung von Prozessen im Klima- und Erdsystem fokussieren.

Medienform:

Beamer / Slides / Jupyter Notebooks

Literatur:

Kapler & Engler: Mathematics & Climate

Modulverantwortliche(r):

Prof. Niklas Boers

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Mathematik der Klima- und Erdsystemwissenschaften - Vorlesung (Vorlesung, 4 SWS)

Boers N [L], Bathiany S, Boers N

Mathematik der Klima- und Erdsystemwissenschaften - Übung (Übung, 2 SWS)

Boers N [L], Bathiany S, Mitsui T

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

ED110089: Kausale Inferenz im Klima- und Erdsystem | Causal Inference in the Climate and Earth System

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

| | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 3 | Gesamtstunden: 90 | Eigenstudiums- stunden: 60 | Präsenzstunden: 30 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Prüfungsleistung wird in Form einer Projektarbeit, bestehend aus einem Seminarvortrag und einer schriftlichen Zusammenfassung erbracht. Das zu bearbeitende Thema wird auf Grundlage einer zu Beginn vorgestellten Liste möglicher Themen, basierend auf einer Auswahl wissenschaftlicher Publikationen zur Kausalen Inferenz mit Anwendungen in den Erdsystemwissenschaften ausgewählt. Zunächst wird die Problemstellung in Rücksprache mit dem Dozenten definiert und geeignete Methoden zur Bewältigung identifiziert. Der Seminarvortrag soll 45 min dauern, die schriftliche Zusammenfassung soll einen Umfang von 6 bis 10 Seiten umfassen; hierbei soll zu gleichen Teilen 1) die zu bearbeitenden Publikationen aus dem Bereich der Kausalen Inferenz mit Fokus auf Anwendungen auf Erdsystemprozesse in den größeren Literaturkontext eingeordnet, 2) die verwendeten Datenanalyse-Methoden dargestellt, 3) die Resultate beschrieben und 4) die Ergebnisse kritisch diskutiert und insbesondere im Hinblick auf die Schlüssigkeit der verwendeten Methoden und Folgerungen bewertet werden.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Vorkenntnisse aus der Erdsystemwissenschaft und insbesondere der Erdsystemdynamik, sowie Erfahrung mit Methoden der Datenanalyse sind empfohlen, aber keine Voraussetzung

Inhalt:

Die Ableitung von kausalen Zusammenhängen steht im Mittelpunkt des wissenschaftlichen Erkenntnisstrebens. Doch welche kausalen Schlussfolgerungen können unter welchen Umständen aus Daten abgeleitet werden, welche Methoden gibt es dazu, und welche Limitierungen haben sie? Das Seminar beleuchtet die daten-basierte Untersuchung von Abhängigkeiten und (kausalen) Zusammenhängen im Klima- und Erdsystem und schlägt eine Brücke von korrelationsbasierten

Analysen über die Inferenz graphischer Kausalmodelle, bis hin zum maschinellen Lernen von Gleichungen. Wir werden die Unterschiede und Gemeinsamkeiten dieser Ansätze herausarbeiten, Anwendungsfälle im Klima- und Erdsystem diskutieren (z.B. Wechselwirkung zwischen Erdsystemkomponenten, Zusammenhang zwischen Temperatur und CO₂ im Pleistozän, ...), sowie die Limitierungen der Methoden kritisch beleuchten.

Behandelte Methoden:

- klassische Methoden der Korrelationsanalyse raumzeitlicher Datenfelder: Zeitreihenanalyse, Regression, PCA / EOFs
- bedingte Korrelationen, verzögerte Korrelationen, Granger-Kausalität
- Bayessche graphische Modelle, PC-Algorithmus
- Informationstheoriebasierte Maße für Abhängigkeiten (Transfer-Entropie, Informationsentropie)
- sog. zustandsraumbasierte Ansätze, basierend auf der Theorie dynamischer Systeme, insbes. "Convergent cross-mapping"
- Entdeckung von Gleichungen mittels maschinellem Lernen

Lernergebnisse:

Nach dem Besuch des Moduls sind die Studierenden in der Lage:

- die Grundzüge der wichtigsten Methoden zur Analyse raum-zeitlicher Daten in der Klima- und Erdsystemforschung zu beschreiben
- lineare und nichtlineare Methoden zur Untersuchung von Abhängigkeiten in Daten des Erdsystems wiederzugeben
- wesentliche Ansätze der kausalen Inferenz zu unterscheiden und kritisch zu reflektieren
- die wichtigsten Annahmen und Limitierungen dieser Methoden zu beschreiben
- die Unterschiede zwischen der datengetriebenen Untersuchung scheinbarer Zusammenhänge und kausaler Zusammenhänge zu erklären
- typische Beispiele von Fragen nach Kausalität im Erdsystem zu beschreiben und mit den behandelten Methoden in Beziehung zu setzen
- Kompetenzen in Wissenschaftlichem Arbeiten, insbesondere Quellenarbeit und Erstellen von Vortragsfolien, Vortragen vor Gruppen, und Erstellen von wissenschaftlichen Berichten

Lehr- und Lernmethoden:

Das Modul besteht aus einem Seminar, in dem Vorträge von den Studierenden gehalten werden und die vorgetragenen Inhalte kritisch diskutiert werden. Insbesondere werden einführend für die Studierenden zugängliche Review Paper vorgestellt und diskutiert. Im Verlauf werden dann auch wissenschaftliche Publikationen zum Thema "Causal Inference in Climate and Earth System Science" vorgetragen, diskutiert und bewertet. In der anschließenden schriftlichen Arbeit werden die Themen vertieft, falls möglich werden wissenschaftliche Ergebnisse aus den Publikationen in angemessenem Maße reproduziert und weitergeführt.

Die Lehrveranstaltung wird auch in digitaler Form stattfinden.

Medienform:

Beamer / Folien

Literatur:

Pearl: Causality: Models, Reasoning, and Inference (2009)

Modulverantwortliche(r):

Prof. Niklas Boers

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

ED110103: GIS mit freiwillig erhobenen geographischen Informationen | GIS with Volunteered Geographic Information

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

| | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Sommersemester |
| Credits:* 3 | Gesamtstunden: 90 | Eigenstudiums- stunden: 45 | Präsenzstunden: 45 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Der erfolgreiche Abschluss dieses Moduls wird in einer Klausur überprüft (60 Minuten), in der die Studierenden nachweisen müssen, dass sie in der Lage sind, in begrenzter Zeit Aufgaben aus dem Bereich ausgewählter GIS-Forschung und -Anwendung zu Volunteered Geographic Information zu lösen. Die Antworten enthalten sowohl freie Formulierungen als auch Multiple-Choice-Fragen.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundlagen der Geoinformatik oder Kartographie sind erforderlich, Erfahrungen in der Programmierung (z.B. Python) und FOSSGIS-Software sind sehr hilfreich.

Inhalt:

Dieses Modul bietet eine allgemeine Einführung in die Konzepte und Möglichkeiten von Open-Source-Geodaten (z.B. Volunteered Geographic Information (VGI) und Open-Government-Daten) und Software (z.B. FOSSGIS-Software wie GRASS GIS, QGIS und GDAL/OGR). Der Schwerpunkt wird auf der unterschiedlichen Datenqualität von VGI im Vergleich zu offenen Behördendaten liegen, sowie auf dem Potenzial und den Grenzen von VGI in einem breiteren Feld der GIS-Forschung und -Anwendung. Neben der theoretischen Vorlesung werden im Rahmen des Tutoriums mehrere praktische Übungen (z.B. Miniprojekte zur Durchführung einer GIS-Analyse mit FOSSGIS-Software) vorgestellt.

Lernergebnisse:

Durch den Abschluss dieses Moduls werden die Studierenden in die Lage versetzt, 1) ihr Wissen über Volunteered Geographic Information (VGI) mit Schwerpunkt auf Datenqualitätsaspekten zu

erwerben und zu erweitern; 2) mit verschiedenen Formaten offener Geodaten unter Verwendung verschiedener FOSSGIS-Software zu arbeiten; 3) GIS-Analysen auf automatisierte und skriptbasierte Weise zu entwerfen.

Lehr- und Lernmethoden:

Vorlesung und Übung mit konkreten Beispielen

Medienform:

Präsentation, Handout, Jupyter-Notebooks und Aufzeichnungen.

Literatur:

In der Vorlesung werden Hinweise auf aktuelle Literatur und Bücher zu diesem sich schnell entwickelnden Gebiet gegeben.

Modulverantwortliche(r):

Werner, Martin; Prof. Dr. rer. nat.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

ED110108: Space Exploration | Space Exploration

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2023

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|---|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Sommersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 105 | Präsenzstunden: 45 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Modulprüfung besteht aus einer schriftlichen Klausur (90 min), in der die Studierenden die theoretischen und praktischen Inhalte der Lehrveranstaltung ohne Hilfsmittel abrufen sollen. Das Beantworten der Fragen erfordert eigene Formulierungen und Berechnungen (z.B. zur Auslegung einer Missionsarchitektur zur Erkundung eines Planeten), sowie das Ankreuzen von vorgegebenen Mehrfachantworten. Für Berechnungen ist ggf. ein Taschenrechner zugelassen.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundlagen der Raumfahrt
Orbit- und Flugmechanik

Inhalt:

Die Vorlesung vermittelt eine Einleitung zu dem Thema Weltraumexploration und deckt folgende Themen ab:

- Einführung und Geschichte der Weltraumexploration
- Entstehung des Sonnensystems
- Sonne(n)
- Inneres Sonnensystem; Rocky Planets
- Planeten im äußeren Sonnensystem; Gas Giants, Ice Giants
- Monde
- Kleine Sonnensystem-Objekte
- Trajektorien und Reise durch das Sonnensystem
- Auslegung von Explorationsmissionen
- Instrumente zur wissenschaftlichen Exploration
- Raumfahrtssysteme

- Zukünftige Themen und interstellare Reisen

Lernergebnisse:

Nach der Teilnahme am Modul sind die Studierenden in der Lage:

- Die Entstehung des Sonnensystems und seine aktuelle Konfiguration zu erklären
- Die Besonderheiten einzelner Ziele im Sonnensystem zu identifizieren
- Zusammenhänge zwischen planetaren Historien und Bedingungen qualitativ zu erklären
- Das Potenzial einer Mission für die wissenschaftliche Erkundung des Sonnensystems zu bewerten
- Missionsarchitekturen für o.g. Ziele zu entwickeln
- Technologieanforderungen für o.g. Missionen zu formulieren

Lehr- und Lernmethoden:

Vorlesung und Übung

Medienform:

Präsentation und Übungsaufgaben

Literatur:

Wird während der Lehrveranstaltung bekannt gegeben

Modulverantwortliche(r):

Reiß, Philipp; Prof. Dr.-Ing.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

ED110116: Ansätze der theoretischen Physik in den Klima- und Erdsystemwissenschaften | Theoretical Physics approaches in climate and Earth system science

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2023

| | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Sommersemester |
| Credits:* 3 | Gesamtstunden: 90 | Eigenstudiums- stunden: 60 | Präsenzstunden: 30 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Prüfungsleistung wird in Form eines Seminarvortrags erbracht. Das zu bearbeitende Thema wird auf Grundlage einer zu Beginn vorgestellten Liste möglicher Themen, basierend auf einer Auswahl wissenschaftlicher Publikationen zur Ansätzen aus der theoretischen Physik in den Klima- und Erdsystemwissenschaften ausgewählt. Zunächst wird die Problemstellung in Rücksprache mit dem Dozenten definiert und geeignete Methoden zur Bewältigung identifiziert. Der Seminarvortrag soll 45 min dauern. Hierbei soll zu gleichen Teilen 1) die zu bearbeitenden Publikationen in den größeren Literaturkontext eingeordnet, 2) die verwendeten Methoden dargestellt, 3) die Resultate beschrieben und 4) die Ergebnisse kritisch diskutiert und insbesondere im Hinblick auf die Schlüssigkeit der verwendeten Methoden und Folgerungen bewertet werden.

Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Vorkenntnisse aus der theoretischen Physik und insbesondere Theorie dynamischer Systeme sind empfohlen, aber keine Voraussetzung

Inhalt:

Das Klima der Erde lässt sich als physikalisches System beschreiben. Viele methodische Ansätze, die ursprünglich in der theoretischen Physik entwickelt wurden, sind extrem hilfreich, um Schlüsselprinzipien der Dynamik des Erdsystems zu erklären. Wir werden mehrere bahnbrechende Arbeiten aus der Theorie dynamischer Systeme, statistischen Mechanik und stochastischer Prozesse besprechen.

Lernergebnisse:

Nach dem Besuch des Moduls sind die Studierenden in der Lage:

- die Grundzüge der theoretischen Physik in den Klima- und Erdsystemwissenschaften wiederzugeben
- Methoden zur Anwendung und Analyse dynamischer Systeme und stochastischer Prozesse in den Klima- und Erdsystemwissenschaften wiederzugeben und anzuwenden
- typische theoretische physikalische Konzepte mit Phänomenen des Klimasystems in Beziehung zu setzen und kritisch zu reflektieren.

Lehr- und Lernmethoden:

Das Modul besteht aus einem Seminar, in dem Vorträge von den Studierenden gehalten werden und die vorgetragenen Inhalte kritisch diskutiert werden. Insbesondere werden einführend für die Studierenden zugängliche Review Paper vorgestellt und diskutiert. Im Verlauf werden dann auch wissenschaftliche Publikationen aus der theoretischen Physik mit Anwendungen in der Dynamik des Erdsystems diskutiert und bewertet.

Medienform:

Beamer / Slides

Literatur:

Ghil and Lucarini: The physics of climate variability and climate change, Reviews of Modern Physics 2020

Modulverantwortliche(r):

Boers, Niklas; Prof. Dr. rer. nat.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

ED110118: Softwaredefinierter GNSS-Empfänger | Software-defined GNSS receiver

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2022/23

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Sommersemester |
| Credits:* 4 | Gesamtstunden: 120 | Eigenstudiums- stunden: 75 | Präsenzstunden: 45 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

The expected learning outcomes are verified by writing a report of up to 10 pages, which covers the description of the design of the software-defined GNSS receiver. It proves the student's ability to create a GNSS receiver using software defined radio approach. The report will describe all necessary elements to receive, acquire, track, and demodulate signals transmitted from natural navigation satellites. The report will be summarized in the presentation and given at the end of the course. Working in small groups of several students is allowed for the final presentation; the size of the groups will depend on the number of enrolled students, and the presentation length is limited to ten minutes. Additional questions will be asked during the presentation to review if the students have reached the expected level of competence.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Prerequisites are fundamentals in satellite navigation which are briefly covered in the module

- "Introduction to Satellite Navigation and Orbit Mechanics" in the Master program SPACE,
- "Satellite Geodesy and Remote Sensing" of the Bachelor program Geodesy und Geoinformation,
- "Geodetic Space Techniques and Astronomical Geodesy" of the Bachelor program Geodesy and Geoinformation.

However, the student can pass another similar module dealing with satellite navigation basics. The reason is that this course is focused on programming the software-defined navigation receiver, and therefore it can not cover the basic theoretical background.

The knowledge of Matlab programming and the ability to program in the class is required; in addition, the ability of signals and systems and discrete signal processing is an advantage.

Inhalt:

- Brief introduction to signals and systems, discrete signals, I/Q demodulation
- Software-defined radio
- Positioning in a one-way ranging system and link budget
- Design of GNSS front-end, i.e., antenna, signal heterodyning, filter selection, signal sampling, and frequency synthesis
- GNSS signals and software generation of „static“ GPS L1(C/A) signal
- GPS signal acquisition
- GPS carrier tracking
- GPS code tracking, multipath, and effects of signal bandwidth limitation
- Navigation data processing
- Pseudorange estimation, computation of receiver and satellite position

Lernergebnisse:

After the successful conclusion of the module, the students are able to

- to create a GNSS software receiver based on SDR,
- to understand the function of SDR,
- to evaluate received signals from navigation satellites,
- to apply theoretical background to solve engineering problems related to the reception of navigation signals,
- to apply knowledge of signal structure to track and demodulate navigation data for position determination,

Lehr- und Lernmethoden:

The module is composed of a one-hour lecture and two-hour related accompanying labs. The contents of the lecture are communicated by oral presentations. Interactions with the students shall be achieved by applying question & answer methods.

In the labs, the students work with SDR and raw receiver tracking data to familiarize themselves with signal acquisition and tracking and process tracking data using a software approach with Matlab.

Medienform:

Power point, Matlab code

Literatur:

Vorlesungsunterlagen

Modulverantwortliche(r):

Hugentobler, Urs; Prof. Dr.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

ED110126: Seminar ML4Earth: Machine Learning for Earth Observation and Modeling | Seminar ML4Earth: Machine Learning for Earth Observation and Modeling [SemMI4Earth]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2023/24

| | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|--|---|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester/ Sommersemester |
| Credits:* 2 | Gesamtstunden: 90 | Eigenstudiums- stunden: 60 | Präsenzstunden: 30 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Teilnehmende Studierenden erhalten für ihre thematische Präsentation eine Benotung (1-5, Drittelnoten 1.0 1.3, 1.7., 2.0, ...). Die Benotung richtet sich nach: 60% Inhalt, 30% Q&A-response, 10% overall appearance.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Teilnahme am Seminar des jeweils laufenden Semesters.

Inhalt:

Verschiedene Schwerpunktthemen aus dem Bereich der Anwendung von KI und ML in der Erdbeobachtung sowie Grundlagen der Vorlesungsgestaltung und des fachlichen Austauschs mit Fachkollegen. Aktuelle Publikationen wie Standardwerke zu Anwendungen von KI und maschinellen Lernmethoden sowie innovative Data Science Konzepte mit Fokus auf Erdbeobachtung werden von den Studierenden zusammengefasst und diskutiert. Darüber hinaus werden die Studierenden aufgefordert, Datensätze und/oder erste Kodierungs-/ Algorithmuskonzepte zu den Themen ihrer Präsentation zu präsentieren (dies kann auch als Einzel- oder Gruppenarbeit erfolgen).

Lernergebnisse:

Thematisch steht die Erarbeitung und Konzeption von Vorträge zu unterschiedlichen Schwerpunkten aus dem Bereich des Einsatzes von AI und ML in der Erdbeobachtung und Erdsystem-Modellierung im Mittelpunkt des Seminars. Neben der thematischen Ein- und

Ausarbeitung steht die Vortragserfahrung im Mittelpunkt des Seminar. Studierende sollen lernen, wie ein wissenschaftlicher Fachvortrag aufgebaut ist, wie die Vortrags und Q&A-Situation ist und wie auf Rückmeldung aus dem Plenum souverän reagiert wird.

Lehr- und Lernmethoden:

Lecture, own presentations

Medienform:

audio-vissual presentations

Literatur:

Modulverantwortliche(r):

Zhu, Xiaoxiang; Prof. Dr.-Ing. habil.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Seminar ML4Earth: Machine Learning for Earth Observation and Modeling (Seminar, 2 SWS)

Zhu X [L], Zhu X

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

ED110127: Intercultural Science Communication and Ethics in Science | Intercultural Science Communication and Ethics in Science [IntSciCom]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2023/24

| | | | |
|-------------------------------|-------------------------------------|--|---|
| Modulniveau: Master | Sprache: Deutsch/Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester/ Sommersemester |
| Credits:* 3 | Gesamtstunden: 76 | Eigenstudiums- stunden: 40 | Präsenzstunden: 36 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Benotung: 1.0, 1.3, 1.7, 2.0, ... Als Prüfungsleistung soll ein selbst entworfenes Kommunikationsprodukt oder -konzept eingereicht werden. Dies soll ein wissenschaftliches (Forschungs-)Thema mit ethischen Risiken und Chancen (je nach Semester/LV) einer vorab klar definierten Zielgruppe vermitteln. Die Bewertung erfolgt anhand eines Kriterienkatalogs, der den Studierenden im Laufe der Veranstaltung vorgestellt wird.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

keine

Inhalt:

Grundlegende Konzepte der Kommunikation; Kommunikationsmodelle; Grundzüge des Konstruktivismus; Kodierung-Dekodierung in der Kommunikation; Theorie der funktionalen Differenzierung, Publikums-(Rezeptions-)Theorie, Konzeption und Strategie; Grundkonzept der Kultur; Dimensionen der Kultur; Interkulturalität; Bewusstsein, Achtsamkeit; Spannungssysteme und ihre Bewältigung; Best Practice; Open Science Ethics: Grundlegende Prinzipien und Terminologie (Ethik, ethisches Problem, ethisches Risiko, ethische Chance, ethische Dilemmas mit Beispielen und kleinen Übungen im Klassenzimmer mit zu diskutierenden und zu lösenden Szenarien); Multikulturelle Ansätze zu Ethik und ethischer Entscheidungsfindung (Schwerpunkt auf westlichen Ansätzen, einige östliche Ansätze; indigene Gemeinschaften, z. B. Maori-Völker; afrikanische Kulturen); Ethik in der Wissenschaft, einschließlich des neuen Umfangs der Anforderung, eine "informierte Zustimmung" im Zusammenhang mit neu entstehenden Technologien einzuholen; Grundlagen des Urheberrechts (Bestimmung der "Urheberschaft" und Vermeidung von "Plagiaten"); Kommunikation wissenschaftlicher Forschung in "umstrittenen"

Bereichen (Fallstudien, z. B. Forschung zu Gesundheits- und Umweltauswirkungen genetisch veränderter Lebensmittel)

Lernergebnisse:

Bewusstsein für Fragen und Herausforderungen im Zusammenhang mit kulturübergreifender Zusammenarbeit; Kenntnis von Methoden des Co-Designs und der Achtsamkeit; Fähigkeit, Entscheidungsträger in Bezug auf Kommunikation und Achtsamkeit zu beraten oder diese in ihre eigenen Entscheidungen einzubeziehen; Fähigkeit, Forschungskonzepte im Hinblick auf kulturübergreifende Zusammenarbeit kritisch zu prüfen. Ethik: Grundlegende Prinzipien und Terminologie; Multikulturelle Ansätze zur Ethik und ethischen Entscheidungsfindung; Schlüsselprinzipien der Ethik in Wissenschaft und wissenschaftlicher Forschung; Grundlagen des Urheberrechts (Feststellung der "Urheberschaft" und Vermeidung von "Plagiaten"); Kommunikation wissenschaftlicher Forschung in "kontroversen" Bereichen (Fallstudien) - Kommunikation: Kommunikationsmodelle, Kodierung/Dekodierung, Verständnis verschiedener Zielgruppen, Framing, Storytelling, Agenda Setting und Agenda Building, strategische Kommunikation, Öffentlichkeitsarbeit, Public Affairs, wissenschaftliche Kommunikation

Lehr- und Lernmethoden:

Vorlesung, Seminar, Exkursion, Gruppendiskussion und Kleingruppenaktivitäten im Klassenzimmer

Medienform:

- Blackboard
- interactive elements (online)
- Hands-on
- Presentation in electronic form
- e.learning with moodle

Literatur:

M. Kochupillai, M. Kahl, M. Schmitt, H. Taubenböck and X. X. Zhu, "Earth Observation and Artificial Intelligence: Understanding emerging ethical issues and opportunities," in IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine, 2022, doi: 10.1109/MGRS.2022.3208357.

Cacciatore, M. A., Scheufele, D. A., Iyengar, S.: The End of Framing as we Know it --- and the Future of Media Effects. Mass Communication and Society, 19(1), 7-23, doi: 10.1080/15205436.2015.1068811. 2015.

Trench, B.: Universities, science communication and professionalism. Journal of Science Communication. 16(5), SISSA Medialab, doi: 10.22323/2.16050302 2017

The German Rectors' Conference (HRK): Zum Umgang mit wissenschaftlichen Fehlverhalten an den Hochschulen (https://web.archive.org/web/20110830170547/http://www.hrk.de/de/beschluesse/109_422.php)

Mousavi T, Abdollahi M. A review of the current concerns about misconduct in medical sciences publications and the consequences. *Daru*. 2020 Jun;28(1):359-369. doi: 10.1007/s40199-020-00332-1. Epub 2020 Feb 19. PMID: 32072484; PMCID: PMC7214560. Table 1 therein provides a list of most common types of research misconduct: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40199-020-00332-1/tables/1>

Modulverantwortliche(r):

Zhu, Xiaoxiang; Prof. Dr.-Ing. habil.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Intercultural Science Communication and Ethics in Science (Vorlesung mit integrierten Übungen, 2 SWS)

Schneider S

Excursion - Intercultural Science Communication and Ethics in Science (Exkursion, 1 SWS)

Schneider S [L], Schneider S

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

ED110128: System Earth from Space - an Introduction to the Interpretation of Remote Sensing Data | System Earth from Space - an Introduction to the Interpretation of Remote Sensing Data [SysEarth] *an Introduction to the Interpretation of Remote Sensing Data*

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2023/24

| | | | |
|-------------------------------|-------------------------------------|--|---|
| Modulniveau: Master | Sprache: Deutsch/Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester/ Sommersemester |
| Credits:* 3 | Gesamtstunden: 90 | Eigenstudiums- stunden: 60 | Präsenzstunden: 30 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Als Prüfungsleistung soll in Berichtsform (kurze Abhandlung mit max. 3 Seiten) eine selbst gewählte Satellitenaufnahme hinsichtlich der in dieser Szene "sichtbaren" Prozesse im System Erde beschrieben werden. Selbst gewählt bedeutet, dass die Studierenden aus einem Pool von Aufnahmen selbst auswählen sollen. Sichtbar bedeutet hier nicht, dass optische Aufnahmen (rgb) genutzt werden müssen - es dürfen gerne auch IR-Daten oder andere verwendet werden.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

keine

Inhalt:

Einführung in das Konzept "System Erde"; Beschreibung von Sphären; Prägnante Prozesse der Geo-, Hydro, Bio- und Antroposphäre; Wechselwirkungen und Kaskadierende Prozesse; Wiederholung räumliche, zeitliche und spektrale Auflösung;

Lernergebnisse:

Grundlagenverständnis der Prozesse in der Geo-, Hydro, Bio- und Antroposphäre des Systems Erde; Grundkenntnisse der zeitlichen und räumlichen Skalen, in denen entsprechende Prozesse ablaufen; Sensibilisierung für die Wechselwirkungen und Interaktionen der Sphären im System Erde; Bewusstsein für die vom Menschen verursachte Dynamik; Grundkenntnisse der Terminologie der Erdsystemwissenschaften

Lehr- und Lernmethoden:

Lecture, Seminar, group discussion and small group activities within the classroom

Medienform:

- Blackboard
- interactive elements (online)
- Presentation in electronic form
- e.learning with moodle

Literatur:

Modulverantwortliche(r):

Zhu, Xiaoxiang; Prof. Dr.-Ing. habil.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

System Earth from Space - an Introduction to the Interpretation of Remote Sensing Data
(Vorlesung mit integrierten Übungen, 2 SWS)

Schneider S [L], Schneider S

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

EI0432: Satellite Navigation | Satellite Navigation

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2015/16

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|---|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 6 | Gesamtstunden: 180 | Eigenstudiums- stunden: 120 | Präsenzstunden: 60 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Students must participate in a written final exam (90 min) where they explain the functionality of satellite navigation systems.

Furthermore, they might participate in a mid-term exam. The grade of the mid-term counts for 25% of the final score if this improves that score.

Students might bring up to 8 handwritten one-sided A4 pages to the exam and the midterm.

The exercises are provided one week. The students are expected to solve them at home. The solutions are provided in the following week (presentation by the assistant). The assistants do not correct the student's exercises, and they do also not check whether they solved them.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Mathematics, Signal description in time and frequency domain, Fundamentals of probability and statistics

The following modules should have been successfully passed:

- Höhere Mathematik
- Signale und Systeme
- Nachrichtentechnik 2

Inhalt:

Radio based determination of position, time and velocity. Impact of geometry and ranging error on position, time and velocity error.

Description of satellite orbits and constellations

Navigation Services and Signals (Modulation and Codes) and associated design criteria

Receiver algorithms for signal acquisition and signal tracking, as well as the associated models

Models for the propagation in the ionosphere and troposphere, and estimation of corresponding delays

GNSS Systems: Time - Relativistic corrections; and terrestrial reference system

Lernergebnisse:

At the end of the lecture, the student

- * will understand the functioning of a satellite navigation system
- * will be able to evaluate important performance parameters
- * will know the algorithms needed for designing a basic receiver.

Lehr- und Lernmethoden:

Lerning method:

In addition to the lecture, students familiarize themselves with the material by studying their notes or a book, and by attending the mandatory exercises.

Teaching method:

Lectures are delivered in a front style manner. Questions are highly appreciated - they introduce a level of interaction, and mutual adaptation. The exercises are held in a student-centered way.

Medienform:

The following media are used:

- Presentations (powerpoint slides, and blackboard for derivations).
- Lecture notes (book).
- Exercises with solutions as download.

Literatur:

The following literature is recommended:

- Misra, P., Enge, P., Global Positioning System: Signals, Measurements, and Performance, Ganga-Jamuna Press, 2nd ed. (2006)
- Kaplan, E., Hegarty, C., Understanding GPS: Principles and Applications, Artech House, 2nd ed. (2006).

Modulverantwortliche(r):

Günther, Christoph; Prof. Dr.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Satellite Navigation (Vorlesung mit integrierten Übungen, 4 SWS)

Günther C, Duan B, Hauschild A

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

EI5028: Satellite Navigation Laboratory | Satellite Navigation Laboratory [SatNavLab]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2022

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|---|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Sommersemester |
| Credits:* 6 | Gesamtstunden: 180 | Eigenstudiums- stunden: 120 | Präsenzstunden: 60 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Es wird in einer mündlichen Prüfung nachgewiesen, dass der/die Studierende dazu in der Lage ist einen Satellitennavigationsempfänger zu implementieren, indem die Vorgehensweise während des Praktikums, sowie der dabei gelernten Methoden diskutiert wird.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Die Vorlesung Satellite Navigation muss erfolgreich absolviert worden sein. Grundlegende Kenntnisse in der MATLAB Programmierung werden vorausgesetzt.

Inhalt:

Die Studierenden implementieren in sechs Praktikumseinheiten die grundlegenden Blöcke eines Satellitennavigationsempfängers.

- Positionsschätzung
- Satellitenposition
- Pseudorange Korrekturen
- Differenzielle Navigation
- Acquisition
- Tracking

Lernergebnisse:

Nach Abschluss des Moduls ist der/die Studierende dazu in der Lage die grundlegenden Blöcke eines Satellitennavigationsempfängers zu programmieren, sowie die dafür nötigen Entwicklungsschritte zu verstehen und anwenden zu können. Der/die Studierende ist dazu in der Lage die Sensitivität von Parameters, die Konvergenz von Algorithmen, sowie die

Komplexität der verwendeten Algorithmen zu untersuchen und hat ein Verständnis für die in der Satellitennavigation benötigten Größen, deren Größenordnung und deren Korrektur.

Lehr- und Lernmethoden:

Im Praktikum programmieren die Studierenden unter Aufsicht selbst an den Blöcken für den Navigationsempfänger. Jedes Praktikum widmet sich einem bestimmten Block und ist in kleinere Unteraufgaben unterteilt.

Medienform:

Die folgenden Formate werden genutzt:

- Ein Skript inklusive Aufgaben
- Diskussion am Whiteboard
- MATLAB Programme und Simulationen

Literatur:

Das Skript für das Praktikum sowie für die Satellite Navigation Vorlesung sind ausreichend.

Darüber hinaus kann die folgende Literatur empfohlen werden:

- K. Borre, D. Akos, N. Bertelsen, P. Rinder, S. Jensen (2007), A Software-Defined GPS and Galileo Receiver: A Single-Frequency Approach, Birkhäuser Boston.
- P. Misra, P. Enge (2006) Global Positioning System - Signals, Measurements and Performance, 2nd Edition, Ganga-Jamuna Press.
- E. Kaplan, C. Hegarty (2006) Understanding GPS: Principles and Applications, 2nd Edition, Artech House.

Modulverantwortliche(r):

Günther, Christoph; Prof. Dr.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

EI5060: Satellite Communications Lab

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2015/16

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|---|---|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester/ Sommersemester |
| Credits:* 6 | Gesamtstunden: 180 | Eigenstudiums- stunden: 120 | Präsenzstunden: 60 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Inhalt:

Lernergebnisse:

Lehr- und Lernmethoden:

Medienform:

Literatur:

Modulverantwortliche(r):

Günther, Christoph; Prof. Dr.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

EI7342: Inertial Navigation | Inertial Navigation

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2013/14

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Sommersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 90 | Präsenzstunden: 60 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Es gibt eine Zwischen- (midterm) und Abschlussprüfung (final exam, 75 min). Die Midterm-Prüfung zählt zu 25 % und das Final Exam zu 75 % zur Gesamtnote falls das Midterm-Ergebnis besser ist als das Final Exam. Andernfalls wird lediglich das Final Exam mit 100% gewertet.

Damit bietet die Midterm eine einmalige Möglichkeit zur Verbesserung der eigenen Note und zur Überprüfung des eigenen Wissenstands. Für die Prüfung sind 8 handbeschriebene DIN A4 Seiten und ein Taschenrechner erlaubt.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundlagen der Statistik

Inhalt:

Introduction to fundamentals of inertial navigation: angular momentum, torque and inertia tensor; coordinate transformations: direction cosines, Euler angles and Quaternions; Euler equation; Inertial sensors: gyroscopes and accelerometers, Integration of inertial measurements, Calibration of inertial sensors with satellite navigation, Integration of inertial navigation and satellite navigation: deep coupling of tracking loops, loose coupling of navigation solution, Estimation of drift and scaling factor of inertial sensors, Attitude determination with and without carrier phase integer ambiguity resolution, MAP Estimation of attitude, Learning of error behavior of inertial sensors with GPS: Artificial Neuronal Networks, Fusion of measurements from inertial sensors, GNSS receivers and magnetometers, Applications of low-cost inertial sensors.

Lernergebnisse:

Nach der Teilnahme an den Modulveranstaltungen sind die Studierende in der Lage, Algorithmen und Verfahren zur Inertialnavigation zu analysieren und zu bewerten, und eigene Algorithmen zur

Kopplung von Inertial- und Satellitennavigation zu entwickeln. Die letztere der beiden Fähigkeiten wird in Matlab-Übungsaufgaben trainiert.

Lehr- und Lernmethoden:

Lernmethoden:

Der Vorlesungsstoff wird in Übungen regelmässig aufgearbeitet. Darüber hinaus wird ein Selbststudium des Vorlesungsskriptes und der -folien erwartet.

Lehrmethoden:

Die Vorlesungen werden abwechslungsreich gestaltet und enthalten Herleitungen an der Tafel, Zusammenfassungen in Powerpoint Folien, und kurze Demonstrationen in Matlab. Die Studenten werden in Vorlesung und Übung durch Fragestellungen zum Mitmachen angeregt.

Medienform:

Folgende Medienformen finden Verwendung:

- Tafelanschrift, insbesondere für Herleitungen und Skizzen
- Powerpoint-Folien, insbesondere zur Zusammenfassung der Tafelanschriften und zum Nacharbeiten, verfügbar auf moodle
- Buch-Kapitel, insbesondere zum Nacharbeiten des Vorlesungsskriptes, verfügbar auf moodle
- Matlab-Codebeispiele, zur Veranschaulichung der Algorithmen

Literatur:

Folgende Literatur wird empfohlen:

- [1] Inertial Navigation Systems with Geodic Applications, C. Jekeli, Verlag de Gruyter, 2001.
- [2] Global Positioning Systems, Inertial Navigation and Integration, M. Grewal, L. Weill and A. Andrews, Wiley, 2007.

Modulverantwortliche(r):

Günther, Christoph; Prof. Dr.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Inertial Navigation (Vorlesung, 4 SWS)

Henkel P [L], Henkel P

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

EI73761: Radar Signals and Systems | Radar Signals and Systems

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2018/19

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 90 | Präsenzstunden: 60 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Prüfung besteht aus einer Klausur von 90 Minuten Dauer.

In der schriftlichen Prüfung demonstrieren die Studierenden durch das Beantworten von Fragen in begrenzter Zeit und mit begrenzten Hilfsmitteln (Formelsammlung, nicht programmierbarer Taschenrechner) ihr theoretisches Wissen über Prinzipien, Methoden und Algorithmen der Radartechnik.

Die Modulnote entspricht der Note aus der schriftlichen Abschlussprüfung (100%).

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Elektrotechnische Grundlagen:

- Elektrodynamik
- Fourieranalyse
- Signale und Systeme

Hochfrequenztechnik:

- Ausbreitung elektromagnetischer Wellen
- Antennenparameter

Nachrichtentechnik:

- Modulation
- Frequenzumsetzung (Mischung)
- Filter

Inhalt:

1. Grundlagen der Radartechnik

- Ausbreitung elektromagnetischer Wellen
- Dauerstrich- (CW-) Radar
- Frequenzmoduliertes CW- (FMCW-) Radar
- Puls-Radar
- Pseudo-noise- (PN-) Radar
- Monopuls-Radar
- Grundlegende System-Parameter

2. Komponenten von Radarsystemen

- Grundlagen von Mikrowellenröhren
- Magnetron-Oszillator
- Klystron-Verstärker
- Halbleiterverstärker
- Radar-Chipsätze
- Antennenbauformen

3. Zieldetektion

- Rauschen in Radarempfängern
- Phasenrauschen in Oszillatoren
- Detektionstheorie
- Matched Filter
- Ambiguity-Funktion
- Puls-Kompression
- Clutter
- Bewegzielerkennung (MTI)
- PRF-Staffelung
- Constant false-alarm rate (CFAR)
- Zielverfolgung
- RCS-Fluktuation

4. Radar mit synthetischer Apertur (SAR)

- Funktionsprinzip
- Querauflösung
- Eigenschaften der Empfangssignale
- SAR-Verarbeitung
- SAR-Interferometrie

5. Radar-Meteorologie

- Polarimetrische Charakterisierung der Wellenausbreitung
- Wellenausbreitung in Teilchenfeldern
- Schätzung von Regenrate und Wassergehalt
- Polarimetrische Klassifikation

Lernergebnisse:

Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls können die Studierenden Radarsysteme sowie Ansätze und Methoden der modernen Radartechnik für Positionsbestimmung, Navigation und Meteorologie evaluieren.

Lehr- und Lernmethoden:

Lehrmethode:

Während der Vorlesung werden die Inhalte im Frontalunterricht vorgestellt und vermittelt. In den Übungsstunden werden die Aufgaben mit einem Tutor interaktiv besprochen.

Lernmethode:

Zusätzlich zu den individuellen Methoden und Vorgehensweisen der Studierenden wird durch wiederholte Vorlesungen und Übungen vertieftes Wissen angestrebt.

Medienform:

Die folgenden Medienformen werden verwendet und auch zum Herunterladen bereitgestellt:

- Präsentationsfolien
- Vorlesungsskriptum
- Übungsaufgaben mit Musterlösungen

Literatur:

Levanon, N. and Mozeson, E.: Radar Signals. Wiley-IEEE Press, 2014.

Kang, E. W.: Radar System Analysis, Design, and Simulation. Norwood, MA: Artech House, 2008.

Skolnik, M. I.: Introduction to Radar Systems. 3rd ed. Auckland: Mc-Graw Hill, 2001.

Skolnik, M. I.: Radar Handbook. Auckland: Mc-Graw Hill, 1990

Bringi, V. N.; Chandrasekar, V.: Polarimetric Doppler Weather Radar. Cambridge: Cambridge University Press, 2001

Cook, C.E. and Bernfeld, M.: Radar Signals. An Introduction to Theory and Application. Boston: Artech House, 1993

Detlefsen, J.: Radartechnik. Berlin: Springer, 1989

Ludloff, A.: Praxiswissen Radar und Radarsignalverarbeitung. Vieweg-Verlag, 2002

Modulverantwortliche(r):

Eibert, Thomas; Prof. Dr.-Ing.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Radar Signals and Systems (Vorlesung mit integrierten Übungen, 4 SWS)

Punzet S [L], Siart U, Punzet S

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

EI7620: Terrestrial Navigation | Terrestrial Navigation

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2013

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 90 | Präsenzstunden: 60 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Es gibt eine Zwischen- (midterm) und Abschlussprüfung (final exam). Die Midterm-Prüfung zählt zu 25 % und das Final Exam zu 75 % zur Gesamtnote falls das Midterm-Ergebnis besser ist als das Final Exam. Andernfalls wird lediglich das Final Exam mit 100% gewertet.

Damit bietet die Midterm eine einmalige Möglichkeit zur Verbesserung der eigenen Note und zur Überprüfung des eigenen Wissenstands. Für die Prüfung sind 4 handbeschriebene DIN A4 Seiten und ein Taschenrechner erlaubt.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundlagen der Statistik, der linearen Algebra und der digitalen Signalverarbeitung

Inhalt:

Overview and Introduction to Terrestrial Navigation:

- Challenges and motivation, applications, definitions
- Characteristic quantities, characteristic functions
- Basics of radio propagation: pathloss, shadowing, multipath, time variance
- Dead reckoning, proximity systems
- Distance / time-of-arrival based navigation
- Distance difference / time-difference-of-arrival based navigation
- Distance ratio based navigation
- Angle-of-arrival based navigation
- Signature based navigation
- Multilateration / hyperbolic localization
- Cooperative navigation in radio networks
- Bayesian estimators for localization: estimation of characteristic quantities, estimation of position

- Cramér-Rao bound for localization accuracy
- Trajectory based navigation, temporal post-processing
- Navigation using GSM / UMTS / RFID / WLAN / Bluetooth

Lernergebnisse:

Nach erfolgreichem Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage

- grundlegender Modellierungstechniken und Lösungsmethoden im Bereich der terrestrischen Funknavigation sowie unterstützender Navigationstechniken zu beherrschen
- sich an relevante Technologien im Bereich der terrestrischen Funknavigation sowie im Bereich unterstützender Navigationstechnik zu erinnern
- sich an aktuelle und geplante Systeme der terrestrischen Funknavigation sowie in noch ungelösten Forschungsaufgaben auf dem Gebiet zu erinnern

Lehr- und Lernmethoden:

Lernmethoden:

Der Vorlesungsstoff wird in Übungen regelmässig aufgearbeitet. Darüber hinaus wird ein Selbststudium der Vorlesungsunterlagen und der begleitenden Literatur und Matlab-Beispiele erwartet.

Die Vorlesungen werden abwechslungsreich gestaltet und enthalten Herleitungen an der Tafel, Zusammenfassungen in Powerpoint Folien, kurze Demonstrationen in Matlab und Videos. Die Studenten werden in Vorlesung und Übung durch Fragestellungen zum Mitmachen angeregt.

Medienform:

Folgende Medienformen finden Verwendung:

- Tafelanschrift, insbesondere für Herleitungen und Skizzen
- Powerpoint-Folien, insbesondere zur Zusammenfassung der Tafelanschriften und zum Nacharbeiten, verfügbar online
- Übungsaufgaben, insbesondere zum Nacharbeiten, verfügbar online
- Matlab-Codebeispiele, zur Veranschaulichung der Algorithmen

Literatur:

Wird in der Vorlesung bekannt gegeben

Modulverantwortliche(r):

Günther, Christoph; Prof. Dr.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Terrestrial Navigation (Vorlesung mit integrierten Übungen, 4 SWS)

Meurer M [L], Meurer M

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

EI7648: RaumfahrtElektronik für Sensorsysteme | Space Electronics for Sensor Systems

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2018/19

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|---|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Deutsch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Sommersemester |
| Credits:* 5 | Gesamtstunden: 150 | Eigenstudiums- stunden: 105 | Präsenzstunden: 45 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

In der Klausur (60 min) müssen Umgebungsbedingungen für Weltraumanwendungen charakterisiert und Systeme für den Einsatz im Weltraum konzeptioniert werden. Das Beantworten der Fragen in der Klausur erfordert eigene Rechnungen und eigene Formulierungen. Die Hilfsmittel werden während der Veranstaltung bekannt gegeben. In der Projektarbeit müssen die Rollenverteilungen im Rahmen von Raumfahrtmissionen nachvollzogen werden.

Die Endnote setzt sich aus folgenden Prüfungselementen zusammen:

- 2/3 schriftliche Klausur,
- 1/3 Projektarbeit.

Die Bewertung der Projektarbeit besteht aus:

- Projektarbeit mit regelmäßigen Treffen mit den zuständigen Betreuern (z.B. 60 %),
- Projektbericht (z.B. 30 %),
- Vortrag zur Projektarbeit (z.B. 10 %).

Die exakte Gewichtung der einzelnen Punkte wird jeweils vor Semesterbeginn bekannt gegeben.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester / Semesterende

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Grundlagen in Elektrotechnik und/oder Physik

Inhalt:

Während der Teilnahme an den Modulveranstaltungen erhält der Studierende ein tieferes Verständnis und Kenntnisse in folgenden Bereichen:

- Grundlagen Projekt- und System Engineering Management

- Projektplanung, Projektdurchführung Tools und (Soft-) Skills
- Gestaffelte Entwicklung nach ESA Phasen-Konzept basierend auf technischer Reife
- Übersicht zu Raumfahrtmission (Mission Subject, Segmente, ...)
- Weltraum Umgebungsbedingungen: Strahlung, Vakuum, ...
- Wechselwirkung kosmischer Strahlung mit Bauteilen
- Entwurf, Entwicklung und Qualifikation von Raumfahrtsystemen

In der Projektarbeit wird ein ESA Projekt im Schnelldurchlauf bearbeitet. In Gruppenarbeit werden einzelne Themenfelder erarbeitet und gegenseitig vorgetragen. Review Meetings zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer werden in Form von Rollenspielen durchgeführt. Aufgrund der realen Projektunterlagen wird der direkte Praxisbezug zur Theorie der Vorlesung hergestellt.

Lernergebnisse:

Nach dem erfolgreichen Abschluss des Moduls sind die Studierenden in der Lage

- die Rollenverteilungen von Projekt Management, System Engineering und Elektronikentwicklung im Rahmen von Raumfahrtmissionen zu verstehen und an solchen und ähnlichen Projekten teilzunehmen,
- die Charakterisierung von Umgebungsbedingungen wie Weltraum-Strahlung, Temperatur, Vakuum usw. für Instrumente und Systeme zu verstehen und deren Konsequenzen für die Elektronik zu mitigieren,
- Entwurf, Entwicklung und Qualifikation von Systemen für den Einsatz im Weltraum zu konzeptionieren.

Lehr- und Lernmethoden:

Als Lernmethode wird zusätzlich zu den individuellen Methoden des Studierenden eine vertiefende Wissensbildung durch kooperative Diskussionen, Gruppen- und Projektarbeit angestrebt.

Medienform:

Folgende Medienformen finden Verwendung:

- Präsentationen
- Vorlesungsunterlagen (Präsentationsfolien und zusätzliches Referenzmaterial aus der Praxis)
- Download in Moodle

Literatur:

Folgende Literatur wird empfohlen:

- Handbuch der Raumfahrttechnik, Wilfried Ley (Herausgeber), Carl Hanser Verlag GmbH & CO (Neueste Ausgabe 2011, alte Ausgabe 2008: TUM Bibliothek 0702/VER 820f)
- Space Mission Analysis and Design , W. Larson; J. Wertz, Kluwer, 2006, Space mission analysis and design (TUM Bibliothek 0303/VER 820 L 7311)
- European Standard for Space Electrical and Electronic Equipments, ECSS-E-ST-20C (Dieser und weitere Standards verfügbar unter www.ecss.nl)

Modulverantwortliche(r):

Koch, Alexander; Prof. Dr.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

VL RaumfahrtElektronik für Sensorsysteme 2SWS

Projektarbeit RaumfahrtElektronik für Sensorsysteme

1SWS

Markus Plattner

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

IN2064: Machine Learning | Machine Learning

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2022

| | | | |
|--|------------------------------|---|--------------------------------------|
| Modulniveau: Bachelor/Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 8 | Gesamtstunden: 240 | Eigenstudiums- stunden: 150 | Präsenzstunden: 90 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Die Prüfungsleistung wird in Form einer Klausur von 120 Minuten erbracht. In dieser soll nachgewiesen werden, dass für spezifische Probleme geeignete Lernalgorithmen ausgewählt werden können und die probabilistischen Grundlagen verstanden wurden.

Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

(Empfohlene) Voraussetzungen:

MA0901 Lineare Algebra für Informatik, MA0902 Analysis für Informatik, IN0018 Diskrete Wahrscheinlichkeitstheorie

Inhalt:

Wahrscheinlichkeitstheorie; kNN & k-means; lineare Methoden; Bayes-Regel, MLE-Schätzer, MAP-Schätzer, Erwartungs-Maximierung, nichtlineare neuronale Netze und Fehlerpropagierung, Mixturemodelle, Stützvektormaschinen, stochastische Suche, unüberwachtes Lernen

Lernergebnisse:

Nach dem Bestehen des Moduls verstehen die Teilnehmer und Teilnehmerinnen die probabilistischen Grundlagen des maschinellen Lernens und verfügen über Kenntnisse zu essentiellen Lernalgorithmen; sie sind in der Lage, bei gegebener Problemstellung geeignete Algorithmen auszuwählen, zu beschreiben und herzuleiten.

Lehr- und Lernmethoden:

Flipped Classroom Vorlesung zu den Themen: probability theory; kNN; multi-variate gaussian; linear regression and classification; kernels; constrained optimisation; SVM; GP; neural network; unsupervised learning; expectation maximiation; learning theory.
Übungen zu den og Themen

Hausaufgaben zum Selbststudium zu den og Themen

Medienform:

Folien; Videos

Literatur:

Christopher M. Bishop. Pattern Recognition and Machine Learning. Springer, Berlin, New York, 2006.

David J. C. MacKay. Information theory, inference, and learning algorithms. Cambridge Univ. Press, 2008.

Kevin Murphy. Machine Learning: a Probabilistic Perspective. MIT Press. 2012.

Modulverantwortliche(r):

Günnemann, Stephan; Prof. Dr. rer. nat.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Maschinelles Lernen (IN2064) (Vorlesung mit integrierten Übungen, 6 SWS)

Günnemann S [L], Günnemann S, Fuchsgruber D, Geisler S, Gosch L, Guerranti F, Kollovieh M, Lüdke D

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

LRG1500: Prinzipien räumlichen Data Minings und maschinellen Lernens | Principles of Spatial Data Mining and Machine Learning [SDML]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2020/21

| | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 3 | Gesamtstunden: 90 | Eigenstudiums- stunden: 45 | Präsenzstunden: 45 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

The successful completion of this module is checked in a written examination (60 minutes) in which the students have to prove that they are able to solve problems from the domain of spatial data mining in limited time. The answers involve free formulations as well as multiple-choice questions. By answering questions, students show their knowledge of techniques such as linear models, spatial correlation, cross-validation, decision trees, spatio-temporal clustering algorithms and more. In open questions, they demonstrate the ability to do method selection, model evaluation, or model design in concrete scenarios.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

The module Big Geospatial Data is helpful.

Inhalt:

In this lecture, the students learn how the field of data mining has originated from predictive modeling, the core techniques of unsupervised (clustering) and supervised data mining are introduced (rules, trees, naive bayes, multilayer perceptrons, etc.) and applied in both a classification and a regression setting. Special attention is given to spatial data including relevant algorithms, treatment of missing values, treatment of uncertainty, spatial autocorrelation, model selection, model fusion, and data cleaning.

Lernergebnisse:

By completing this module, students will be enabled to extract knowledge from spatial and spatio-temporal datasets following techniques from data mining and machine learning including linear models, kNN models, regression models, classification models, decision trees, NaiveBayes, Support Vector Machines and more. These methods are applied to spatial datasets including point clouds, trajectory datasets, event databases, spatial networks, text, and multimedia data. Students get an overview of methods and techniques to explore big geospatial datasets using data mining techniques.

Lehr- und Lernmethoden:

Lecture and Tutorial with Concrete Examples

Medienform:

Presentation, handout, examples, and screencasts.

Literatur:

Hints on current literature for this quickly evolving field are given in the lecture.

Modulverantwortliche(r):

Werner, Martin; Prof. Dr. rer. nat.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Prinzipien räumlichen Data Minings und maschinellen Lernens - Übung (Übung, 1 SWS)

Werner M [L], Li H

Prinzipien räumlichen Data Minings und maschinellen Lernens (Vorlesung, 2 SWS)

Werner M [L], Li H

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

LRG1501: Ausgewählte Themen in Big Geospatial Data | Selected Topics in Big Geospatial Data [STBGD]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2020/21

| | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 3 | Gesamtstunden: 90 | Eigenstudiums- stunden: 45 | Präsenzstunden: 45 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

The successful completion of this module is checked in a written report in which students explain what they learned about their selected topic and the relevant computer programs including source code and documentation. In addition, students give a short presentation on this report.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

The module Big Geospatial Data is helpful.

Inhalt:

In this module, students learn advanced techniques from big geospatial data management and analysis and are exposed to selected topics in a real-world context on the big geospatial data cluster and beyond. The module introduces examples and the students select one topic and apply this in real world in the seminar running in parallel. Thereby, we bridge the gap between theory and practice and enable students to apply techniques from the field of big geospatial data management in practice. Topics originate from latest research in big geospatial data management as presented on International Conferences such as ICDM, ICDE, and ACM SIGSPATIAL GIS and in journals such as TKDE or GeoInformatica. These topics cover aspects such as data analysis, data distribution, data management, and spatial algorithms.

Lernergebnisse:

By completing this module, students will be exposed to state-of-the-art techniques from the quickly evolving field of big geospatial data management thereby deepening their understanding of challenges and solutions in the field of big data and spatial machine learning.

Lehr- und Lernmethoden:

Lecture and Seminar

In the lecture, a set of possible topics is presented and the needed background is provided. In the seminar, the students elaborate on one of these topics. While the lecture is mostly frontal teaching, the seminar allows students to present and exchange ideas and discuss real-world applications.

Medienform:

Presentation, handout, examples, and screencasts.

Literatur:

Hints on current literature for this quickly evolving field is given in the lecture.

Modulverantwortliche(r):

Werner, Martin; Prof. Dr. rer. nat.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Ausgewählte Themen in Big Geospatial Data - Seminar (Seminar, 2 SWS)

Werner M [L], Li H

Ausgewählte Themen in Big Geospatial Data (Vorlesung, 1 SWS)

Werner M [L], Li H

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

LRG5400: Inverse Probleme in der Theorie des Strahlungstransports | Inverse Problems in Radiative Transfer Theory [IPST]

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Wintersemester 2020/21

| | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 3 | Gesamtstunden: 90 | Eigenstudiums- stunden: 45 | Präsenzstunden: 45 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Der Leistungsnachweis erfolgt in Form einer 60-minütigen schriftlichen Prüfung. In dieser wird abgeprüft, inwieweit die Teilnehmenden in der Lage sind, die in der Vorlesung behandelten Themen zu erklären und die vermittelten Methoden, wie beispielsweise die Tikhonov-Regularisierung, die Bestimmung der optimalen Werte der Regularisierungsparameter oder die Verwendung der MATLAB Bibliothek von Hansen, auf Realweltprobleme anzuwenden. Dazu sind eigene Notizen, eine Formelsammlung und ein Computer als Hilfsmittel zugelassen.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Notwendig:

Inhalte der Vorlesungen "Bildverstehen - Grundlagen" und "Bildverstehen - Vertiefte Methoden" (M.Sc. GuG) oder "Schätztheorie und Maschinelles Lernen" (M.Sc. ESPACE) sowie grundlegende Kenntnisse der linearen Algebra, Analysis und Wahrscheinlichkeitsrechnung.

Hilfreich:

Programmierkenntnisse Python, C/C++, Matlab, ...

Inhalt:

Aufbauend auf den mathematischen Prinzipien der linearen Algebra und der gewöhnlichen Differentialgleichungen, werden den Teilnehmenden aktuelle Konzepte der inversen Modellierung nahe gebracht. Hierfür kommen unter anderen die Tikhonov-Regularisierung, die Generalized Cross Validation und die L-Kurvenmethode zum Einsatz. Neben Impulsvorträgen der Lehrenden werden Realweltprobleme in Form von Gruppenprojekten bearbeitet. Hierfür wird beispielsweise die Bestimmung von Temperaturprofilen aus Messungen in Nadir oder die

Bestimmung der Gaskonzentration durch differenzielle optische Absorptionsspektroskopie betrachtet.

Lernergebnisse:

Die Teilnehmenden sind nach erfolgreichem Besuch dieses Moduls in der Lage:

- die Probleme schlecht definierter Probleme zu verstehen,
- in der Praxis Methoden zur Lösung inverser Probleme und zur Regularisierung anzuwenden, und
- die optimalen Werte der Regularisierungsparameter zu schätzen.

Lehr- und Lernmethoden:

Interaktion Lehrende und Lernende

- Inputvorträge des Dozenten
- Projektarbeit in Kleinstgruppen
- Vorträge zu Meilensteinen

Medienform:

- Präsentationen
- Tafelbild

Literatur:

- C. D. Rodgers, Inverse Methods for Atmospheric Sounding: Theory and Practice, World Scientific Publishing Co., 2000
- A. Doicu, T. Trautmann, F. Schreier, Numerical Regularization for Atmospheric Inverse Problems, Springer, 2010
- A.P. Cracknell, L. Hayes, Introduction to remote sensing, CRC Press
- W.J. Blackwell, F.W.Chen, Neural networks in Atmospheric Remote Sensing, MIT, 2009

Modulverantwortliche(r):

Bamler, Richard Hans Georg; Prof. Dr.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Inverse Probleme in der Theorie des Strahlungstransports (Vorlesung, 2 SWS)

Efremenko D [L], Efremenko D

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

MW0229: Satellitendesign | Satellite Design Workshop

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

| | | | |
|--|-----------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Bachelor/Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Sommersemester |
| Credits:* 3 | Gesamtstunden: 90 | Eigenstudiums- stunden: 60 | Präsenzstunden: 30 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

In Form von kleinen Projektgruppen sind die vermittelten Inhalte auf die konkrete Aufgabenstellung des Workshops anzuwenden. Betreut durch Experten aus Industrie und Universitäten, erarbeitet jede Gruppe einen Lösungsvorschlag und präsentiert diesen in einer Schlussveranstaltung den jeweils anderen Gruppen. Weiterhin findet eine mündliche Prüfung statt, bei der jeder einzelne Studierende unter Beweis stellen muss, dass er in der Lage ist, die beim Satellitendesign grundlegenden Einflussfaktoren und deren komplexe Zusammenhänge zu verstehen und daraus die für die konkrete Workshopaufgabe resultierenden Anforderungen zu erfassen und zu beschreiben.

Aktueller Hinweis angesichts des eingeschränkten Präsenzbetriebs auf Grund der CoViD19-Pandemie: Sofern die Rahmenbedingungen (Hygiene-, Abstandsregeln etc.) für eine Präsenzprüfung nicht vorliegen, kann gemäß §13a APSO die geplante Prüfungsform auf eine online-gestützte schriftliche oder mündliche Fernprüfung umgestellt werden. Die Entscheidung über diesen Wechsel wird möglichst zeitnah, spätestens jedoch 14 Tage vor dem Prüfungstermin durch die Prüfungsperson nach Abstimmung mit dem zuständigen Prüfungsausschuss bekannt gegeben.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

RFT I und RFT II

Inhalt:

Die Veranstaltung ist als einwöchiger Workshop außerhalb der regulären Vorlesungszeit konzipiert. Da die Teilnahme auf 20 Personen begrenzt ist, findet eine Auswahl nach Semesteranzahl und Vorbildung statt. Verteilt auf mehrere Gruppen wird jedes Jahr ein neues

Problem aus dem Bereich des Satellitendesigns bearbeitet. Hierfür geben zunächst erfahrene Dozenten aus Universitäten, Industrie und Forschungseinrichtungen Vorlesungen zu den relevanten Themen der Aufgabenstellung. Beim Workshop im Jahre 2008 wurde zum Beispiel ein erster Entwurf für einen Kleinsatelliten erarbeitet. Die vertiefenden Vorlesungen hierzu behandelten Aspekte des Projektmanagements, des Kleinsatellitendesigns, des mechanisch-thermischen Subsystems, des Antriebssystems und des elektrischen Systementwurfs. Im Jahre 2010 lag der Schwerpunkt auf dem Subsystem Kommunikation. Die vertiefenden Vorlesungen behandelten Aspekte der Nachrichtenübertragung, der HF Meßtechnik, der Bahnmechanik und Lageregelung von Satelliten und des Tests und Integration von Satelliten. Ergänzt werden die vertiefenden Vorlesungen durch allgemeine Vorlesungen zu Sonderthemen der Raumfahrttechnik, wie z.B. Raumfahrtrecht und Raumfahrtversicherungen.

Lernergebnisse:

Nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung sind die Studierenden in der Lage, die relevanten Grundlagen der speziellen Workshopaufgabe, aber auch Aspekte der allgemeinen Satellitentechnik zu verstehen und deren Auswirkungen auf das Satellitengesamtsystem zu identifizieren. Sie sind in der Lage auf Basis dieser Kenntnisse bestehende Satelliten oder deren Subsysteme zu analysieren und gewählte Lösungen zu hinterfragen. Sie besitzen nach Abschluss der Veranstaltung notwendige Kenntnisse um beim Satellitendesign mitreden und einen relevanten Beitrag leisten zu können.

Lehr- und Lernmethoden:

In dem ein-wöchigen Workshop werden die Lehrinhalte anhand von Vorträgen, Präsentationen und Tafelanschrieb vermittelt. Die hauptsächliche Lehr- und Lernmethode ist allerdings die Arbeit in Gruppen unter Anleitung und Aufsicht der Dozenten aus Industrie und Universitäten. Je nach Workshopthema können dies rechnergestützte Entwurfsaufgaben sein oder auch die Durchführung und Auswertung von Messungen, z.B. an einer Satellitenkommunikationsstrecke.

Medienform:

Vortrag, Präsentation, Handzettel, Tafelanschrieb

Literatur:

U. Walter, Astronautics, Wiley-VCH, ISBN 3-527-40685-9

J. Wertz, W. Larson, Space Mission Analysis and Design, Space Technology Library, ISBN 1-881883-10-8

Modulverantwortliche(r):

Walter, Ulrich; Prof. Dr.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

MW1790: Asteroiden auf erdnahen Bahnen | Near Earth Objects (NEOs)

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

| | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Sommersemester |
| Credits:* 3 | Gesamtstunden: 90 | Eigenstudiums- stunden: 60 | Präsenzstunden: 30 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

90-minütige schriftliche Klausur am Semesterende. Die Klausur ist open-book und alle Hilfsmittel (Vorlesungsunterlagen, Bücher, eigene Notizen, Taschenrechner, Internetrecherche) dürfen verwendet werden.

In der Klausur wird überprüft, dass die Studierenden die theoretischen Grundlagen sowohl verstanden haben als auch praktisch anwenden können. Es wird außerdem überprüft, ob die ihnen vermittelten Werkzeuge, Methoden und Informationsquellen richtig kombiniert und angewandt werden können.

Aktueller Hinweis angesichts des eingeschränkten Präsenzbetriebs auf Grund der CoViD19-Pandemie: Sofern die Rahmenbedingungen (Hygiene-, Abstandsregeln etc.) für eine Präsenzprüfung nicht vorliegen, kann gemäß §13a APSO die geplante Prüfungsform auf eine online-gestützte schriftliche oder mündliche Fernprüfung umgestellt werden. Die Entscheidung über diesen Wechsel wird möglichst zeitnah, spätestens jedoch 14 Tage vor dem Prüfungstermin durch die Prüfungsperson nach Abstimmung mit dem zuständigen Prüfungsausschuss bekannt gegeben.

Wiederholungsmöglichkeit:

Semesterende

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Es werden die Teilnahme an den Veranstaltungen Raumfahrzeugentwurf und Orbit- und Flugmechanik als Voraussetzung empfohlen. Diese sind zur erfolgreichen Teilnahme an der Modulveranstaltung aber nicht zwingend erforderlich.

Inhalt:

Es werden die Grundlegenden Theorien, Methoden und Werkzeuge zur Erkennung, Nachverfolgung, Katalogisierung und Charakterisierung erdnaheer Objekte herausgearbeitet.

Außerdem werden die Methoden und Technologien zur Eindämmung von Gefahren, Befunden, Kontakt, Ablenkung und Zerstörung von NEOs behandelt.

Außerdem werden technische Daten und Informationsquellen wie nationale und internationale Agenturen (z.B. DLR, NASA, ESA) sowie Institutionen wie Universitäten, Observatorien und Amateurgruppen behandelt.

Die Vorlesung wird in englischer Sprache gehalten und ist in folgende Unterrichtseinheiten eingeteilt:

1 ALLGEMEINE EINFÜHRUNG (2 STUNDEN)

2 VON BEOBACHTUNGEN ZU MESSUNGEN (2 STUNDEN)

3 ORBITBESTIMMUNG UND ERSTE EINSCHLAGSWARNUNG (4 STUNDEN)

4 BESTIMMUNG DER PHYSIKALISCHEN EIGENSCHAFTEN VON ASTEROIDEN (4 STUNDEN)

5 EINSCHLAGEEFFEKTE UND KONSEQUENZEN (2 STUNDEN)

6 SCHADENSBEGRENZUNG: VERMEIDUNG EINES EINSCHLAGS (4 STUNDEN)

7 KRIEGSSPIEL: WAS TUN IM FALLE EINER UNMITTELBAREN EINSCHLAGSGEFAHR? (2 STUNDEN)

8 ZUSAMMENFASSUNG (2 STUNDEN)

Lernergebnisse:

Nach der Teilnahme an der Modulveranstaltung sind die Studierenden in der Lage die physikalischen Eigenschaften von erdnahen Objekten zu verstehen und ihr Bedrohungspotenzial für die Erde zu bewerten. Sie sind außerdem in der Lage die Entwurfsprozesse hinter NEO-Ablenkmissionen einzuschätzen und die politischen und organisatorischen Randbedingungen einer solchen Operation zu verstehen. Sie können auch die technischen Möglichkeiten der NEO-Beobachtung und –Ablenkung beurteilen.

Lehr- und Lernmethoden:

Vorlesung zur theoretischen Wissensvermittlung und Übung, in der das Erlernete angewandt wird.

Medienform:

Auf Moodle werden digitale Medien zur Verfügung gestellt: ein Skript, die Vorlesungsfolien sowie die Übungsfolien.

Literatur:

Modulverantwortliche(r):

Igenbergs, Eduard; Prof.

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Modulbeschreibung

MW2079: Weltraumthermalsimulation | Thermal Space Simulation

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2020

| | | | |
|--|------------------------------|--|--------------------------------------|
| Modulniveau: Bachelor/Master | Sprache: Deutsch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Wintersemester |
| Credits:* 4 | Gesamtstunden: 120 | Eigenstudiums- stunden: 60 | Präsenzstunden: 60 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

Nach Abschluss des Praktikums findet eine schriftliche Prüfung statt, in der das in der Lehrveranstaltung vermittelte theoretische und praktische Wissen abgefragt wird.

Aktueller Hinweis angesichts des eingeschränkten Präsenzbetriebs auf Grund der CoViD19-Pandemie: Sofern die Rahmenbedingungen (Hygiene-, Abstandsregeln etc.) für eine Präsenzprüfung nicht vorliegen, kann gemäß §13a APSO die geplante Prüfungsform auf eine online-gestützte schriftliche oder mündliche Fernprüfung umgestellt werden. Die Entscheidung über diesen Wechsel wird möglichst zeitnah, spätestens jedoch 14 Tage vor dem Prüfungstermin durch die Prüfungsperson nach Abstimmung mit dem zuständigen Prüfungsausschuss bekannt gegeben.

Wiederholungsmöglichkeit:

Folgesemester

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Besuch der Vorlesung "Grundlagen der Raumfahrttechnik" und/oder "Raumfahrzeuentwurf".
Erfahrung mit der Programmiersprache MATLAB. Eigenständiges Arbeiten.

Inhalt:

Im Praktikum werden die Grundlagen der Wärmeübertragung im Weltraum, der Thermalkontrolle von Raumfahrzeugen, der Thermalmodellierung und Thermalanalyse vermittelt. Hauptaugenmerk ist die Anwendung der professionellen Thermalsoftware ESATAN TMS, die in der Raumfahrtindustrie häufig verwendet wird. Anhand des Fallbeispiels eines CubeSat-Modells soll das thermische Verhalten für verschiedene Anwendungsfälle mithilfe von ESATAN TMS simuliert und analysiert werden. Die Ergebnisse der Thermalanalyse werden anschließend in Thermal-

Vakuum Tests validiert. Die Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der Thermal-Vakuum Tests wird von den Studenten im Labor durchgeführt.

Lernergebnisse:

Die Studenten lernen neben den Grundlagen der Thermalmodellierung und -Simulation von Raumfahrzeugen an konkreten Beispielen die Verwendung von einschlägiger Software und den Ablauf von Thermal-Vakuum-Tests. Die praktischer Erfahrung auf diesen Gebieten ist eine wichtige Zusatzqualifikation für eine spätere Anstellung im Bereich Raumfahrttechnik. Darüber hinaus werden den Studenten praktische Herangehensweisen an Modellierung und Test vermittelt, die sich auch auf andere Fachbereiche anwenden lassen. Zusätzlich können die in verwandten Vorlesungen vermittelten Lehrinhalte praktisch angewandt und damit vertieft werden.

Lehr- und Lernmethoden:

Die Termine setzen sich aus Theorie-Vermittlung durch Präsentationen, Expertenvorträgen zu ausgewählten Themenbereichen und regelmäßiger praktischer Arbeit, z.B. Thermal-Modellierung, Simulation, Versuchsplanung und -Durchführung im Labor zusammen.

Medienform:

Präsentationen, Gruppenarbeit, Software-Tutorials, Laborarbeit

Literatur:

Präsentationsfolien aus der Lehrveranstaltung, ggf. zusätzliche Standardliteratur (wird in der Lehrveranstaltung zur Verfügung gestellt)

Modulverantwortliche(r):

Ulrich Walter (walter@tum.de)

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Masterarbeit | Master's Thesis

Modulbeschreibung

BGUMTES19: Master's Thesis | Master's Thesis

Modulbeschreibungsversion: Gültig ab Sommersemester 2019

| | | | |
|-------------------------------|------------------------------|---|--------------------------------------|
| Modulniveau: Master | Sprache: Englisch | Semesterdauer: Einsemestrig | Häufigkeit: Sommersemester |
| Credits:* 30 | Gesamtstunden: 900 | Eigenstudiums- stunden: 900 | Präsenzstunden: 0 |

* Die Zahl der Credits kann in Einzelfällen studiengangsspezifisch variieren. Es gilt der im Transcript of Records oder Leistungsnachweis ausgewiesene Wert.

Beschreibung der Studien-/ Prüfungsleistungen:

In the written thesis, the students verify that they are able to investigate in a self-contained manner a new scientific topic related to earth-oriented space science and technology. This includes, depending on the topic, the search and review of literature, topic-related methods and concepts, the development of theoretical concepts, methodologies, methods, to implement related algorithms, to apply them to specific problems, to analyze and to assess the results, and to develop and derive conclusions. In the oral colloquium, the students verify that they are able to give a presentation on a self-containedly investigated scientific subject in front of a larger audience, and that they are able to discuss and defend their own work in front of the examination board. Different forms of assessment (written and oral) are necessary, because different competencies are verified by this. The Master's Thesis must be submitted in written form, by which mainly thematic and methodical competences, and, depending on the topic, to a minor part social and self-competencies, as well as competencies to structure a written scientific document and to properly reference related work are verified. In contrast, the Master's colloquium must be held in oral form, because via the presentation and defense interactive scientific discussions with the examination board and thus, in addition to overarching understanding of the thesis topic, also self-competencies and soft-skills such as skills of presentation, didactics and rhetoric can be verified. The Master's Colloquium will not be graded but it is compulsory for each student. For the module grade only the written Master's Thesis is evaluated.

Wiederholungsmöglichkeit:

(Empfohlene) Voraussetzungen:

Required and elective modules of the first 3 semesters

Inhalt:

Under guidance students familiarize themselves with one of the topics covered by the Earth Oriented Space Science and Technology Master's program. They are confronted with a problem in that area which is formulated in a quite general form, i.e. not yet specified concretely. They have to investigate and evaluate different approaches to solve the problem, and then decide for one path which is then to be executed. The accompanying elaboration summarizes the main aspects of the subject area, discusses the different ways to solve the problem, justifies the decision made, and describes the elaborated solution.

This module is offered by selected lecturers of the ESPACE program, which are decided by the Examination Board. These supervisors offer suitable topics from their subject area, mostly an aspect of one of their research projects. They support the students in the acquisition of the scientific skills to investigate broadly an aspect of a subject area and based on that to answer a limited yet general problem in the corresponding area with the use of scientific methods.

Lernergebnisse:

After the successful conclusion of the module, the students are able

- to deeply understand the chosen scientific problem and its embedding in the scientific and technical environment,
- to analyze satellite data,
- to develop algorithms and methods for solving problem-specific tasks,
- to apply dedicated (partly self-developed methods and strategies) to solve the chosen scientific problem,
- to analyze and to assess the results,
- to interpret the results and to place them into a wider scientific and/or technical context,
- to view processes in their entirety,
- to connect the expertise acquired in a certain detail discipline with a more general scope,
- to derive consequences and action rules from it,
- to present the relevance and context of the topic, the scientific questions, the methodologies employed for their solution, the results and discussion in a well structured written document
- to properly reference related work.

Lehr- und Lernmethoden:

Independent work;

Continuous meetings of the student with the supervisor and discussion of the results and the progress of the thesis;

Medienform:

Not applicable

Literatur:

To be researched independently according to the scope of work.

Modulverantwortliche(r):

Roland Pail

Lehrveranstaltungen (Lehrform, SWS) Dozent(in):

Für weitere Informationen zum Modul und seiner Zuordnung zum Curriculum klicken Sie bitte campus.tum.de oder [hier](#).

Alphabetisches Verzeichnis der Modulbeschreibungen

A

| | |
|---|-----------|
| [BGU61030] Angewandte Computerwissenschaften Applied Computer Science | 18 - 20 |
| [BGU45040] Angewandte Erdbeobachtung Applied Earth observation | 27 - 29 |
| [ED110116] Ansätze der theoretischen Physik in den Klima- und Erdsystemwissenschaften Theoretical Physics approaches in climate and Earth system science | 224 - 225 |
| [MW1790] Asteroiden auf erdnahen Bahnen Near Earth Objects (NEOs) | 263 - 264 |
| [ED110070] Astronomie Seminar Astronomy Seminar | 210 - 211 |
| [BGU45038] Atmosphäre und Ozean Atmosphere and Ocean | 41 - 44 |
| [BGU45038] Atmosphäre und Ozean Atmosphere and Ocean | 157 - 160 |
| [BGU45025] Ausgewählte Kapitel der physikalischen Geodäsie Selected Topics of Physical Geodesy | 81 - 83 |
| [IN3200] Ausgewählte Themen aus dem Bereich Computergrafik und -vision Selected Topics in Computer Graphics and Vision | 128 - 129 |
| [LRG1501] Ausgewählte Themen in Big Geospatial Data Selected Topics in Big Geospatial Data [STBGD] | 257 - 258 |

B

| | |
|--|-----------|
| [MW2155] Bemannte Raumfahrt Human Spaceflight | 140 - 142 |
|--|-----------|

D

| | |
|---|-----------|
| [ED110087] Datenwissenschaft in der Erdbeobachtung Data Science in Earth Observation | 212 - 214 |
|---|-----------|

E

| | |
|--|-----------|
| [PH2058] Einführung in die Astrophysik Introduction to Astro Physics | 143 - 144 |
| [BGU45037] Einführung in die Erdsystemforschung Introduction to Earth System Science | 8 - 10 |
| [BGU48036] Einführung in die Photogrammetrie, Fernerkundung und Digitale Bildverarbeitung Introduction to Photogrammetry, Remote Sensing and Digital Image Processing [PRE/IPE] | 13 - 15 |

| | |
|--|-----------|
| [BGU61029] Einführung in die Satellitennavigation und Orbitmechanik Introduction to Satellite Navigation and Orbit Mechanics | 21 - 23 |
| [ED110102] Entwurf von Radarsystemen Radar Systems Design [RSD] | 105 - 106 |
| [BGU45039] Erdbeobachtungssatelliten Earth Observation Satellites | 45 - 47 |
| [BGU45039] Erdbeobachtungssatelliten Earth Observation Satellites | 161 - 163 |
| [ED110064] Erdsystemdynamik in Modellen und Beobachtungen Earth System Dynamics in Models and Observations | 199 - 201 |
| [ED110011] Erdsystemmodellierung Earth System Modelling | 186 - 188 |

F

| | |
|---|-----------|
| [BV450022] Fachübergreifendes Projekt Interdisciplinary Project | 93 - 95 |
| [BV450023] Fachübergreifendes Projekt Interdisciplinary Project | 96 - 98 |
| [BGU69002] Fernerkundung - Vertiefte Methoden Remote Sensing - Advanced Methods | 58 - 60 |
| [BGU69002] Fernerkundung - Vertiefte Methoden Remote Sensing - Advanced Methods | 179 - 181 |

G

| | |
|--|-----------|
| Genehmigte individuelle Wahlmodule aus TUM / LMU Approved | 75 |
| Personalized Elective Modules of TUM/LMU | |
| [BV610016] Geodätische Astronomie Geodetic Astronomy | 184 - 185 |
| [ED110049] Geografische Textanalyse Geographic text analysis [GTA] | 194 - 195 |
| [BGU30062] Geoinformation Geoinformation [Geoinformation] | 54 - 55 |
| [BGU30062] Geoinformation Geoinformation [Geoinformation] | 149 - 150 |
| [BGU57019] Geokinematik und kontinentale Hydrologie Geokinematics and Continental Hydrology | 48 - 50 |
| [BGU57019] Geokinematik und kontinentale Hydrologie Geokinematics and Continental Hydrology | 169 - 171 |
| [ED110027] Geosensornetzwerke und das Internet der Dinge Geo Sensor Networks and the Internet of Things | 102 - 104 |
| [BV300002] Geostatistik und Geomarketing Geostatistics and Geomarketing | 91 - 92 |
| [ED110103] GIS mit freiwillig erhobenen geographischen Informationen GIS with Volunteered Geographic Information | 220 - 221 |

H

[BGU57014] Hydrogeodäsie: Monitoring von Oberflächengewässern aus dem Weltraum | Hydrogeodesy: Monitoring surface waters from space 166 - 168

I

[EI7342] Inertial Navigation | Inertial Navigation 117 - 118
[EI7342] Inertial Navigation | Inertial Navigation 242 - 243
[ED110127] Intercultural Science Communication and Ethics in Science | Intercultural Science Communication and Ethics in Science [IntSciCom] 230 - 232
[IN2346] Introduction to Deep Learning | Introduction to Deep Learning 124 - 125
[LRG5400] Inverse Probleme in der Theorie des Strahlungstransports | Inverse Problems in Radiative Transfer Theory [IPST] 259 - 260

K

[ED110089] Kausale Inferenz im Klima- und Erdsystem | Causal Inference in the Climate and Earth System 217 - 219
[ED110066] Kipppunkte in der Dynamik des Erdsystems | Tipping Points in Earth System Dynamics 204 - 205
[ED110014] Klimasignaturen in der Hydrosphäre | Climate Signatures in the Hydrosphere 189 - 191

M

[IN2064] Machine Learning | Machine Learning 253 - 254
[EI71018] Machine Learning for Communications | Machine Learning for Communications 113 - 114
[IN2357] Machine Learning for Computer Vision | Machine Learning for Computer Vision 126 - 127
[IN2323] Machine Learning for Graphs and Sequential Data | Machine Learning for Graphs and Sequential Data 121 - 123
[ED110065] Maschinelles Lernen in der Erdsystemmodellierung | Machine Learning in Earth System Modelling 202 - 203
Masterarbeit | Master's Thesis 267
[BGUMTES19] Master's Thesis | Master's Thesis 267 - 269

| | |
|---|-----------|
| [ED110088] Mathematik der Klima- und Erdsystemwissenschaften Mathematics of Climate and Earth System Science | 215 - 216 |
| [ED110068] Modellierung und Maschinelles Lernen von dynamischen Systemen in Julia Modelling and Machine Learning of Dynamical Systems in Julia | 206 - 207 |
| [MW0141] Model Based Systems Engineering Model Based Systems Engineering | 136 - 137 |
| Module 1. - 2. Semester Modules 1. - 2. Semester | 8 |
| Module 3. Semester Modules 3. Semester | 41 |

N

| | |
|--|----------|
| [BV610018] Navigation mit INS und GNSS Navigation with INS and GNSS | 99 - 101 |
| [BGU57018] Numerische Modellierung Numerical Modeling | 11 - 12 |

P

| | |
|---|-----------|
| [BGU900010] Partneruniversität - Wahlmodul Partner University - Elective Module | 77 - 78 |
| [BGU61032] Praktikum Navigation Navigation Labs | 67 - 68 |
| [BGU61032] Praktikum Navigation Navigation Labs | 174 - 175 |
| [MW0259] Praktikum Systems Engineering Practical Course Systems Engineering | 138 - 139 |
| [BGU61034] Präzise Nutzung von GNSS Precise GNSS | 69 - 71 |
| [BGU61034] Präzise Nutzung von GNSS Precise GNSS | 176 - 178 |
| [ED110050] Precise GNSS Satellite Orbit Determination and Time Synchronization Precise GNSS Satellite Orbit Determination and Time Synchronization | 196 - 198 |
| [ED110040] Principles of Programming Principles of Programming [Programming] | 192 - 193 |
| [LRG1500] Prinzipien räumlichen Data Minings und maschinellen Lernens Principles of Spatial Data Mining and Machine Learning [SDML] | 255 - 256 |
| [BGU67003] Prozessanalyse, Modellierung und Vorbeugung/ Schutzmaßnahmen für Alpine Naturgefahren Process analysis, Modelling and Mitigation of Alpine Hazards [W-13] | 87 - 90 |
| [BGU48035] PSC - Photogrammetrie - Ausgewählte Kapitel PSC - Photogrammetry - Selected Chapters [PSC] | 56 - 57 |

| | |
|---|-----------|
| [BGU48035] PSC - Photogrammetrie - Ausgewählte Kapitel PSC - Photogrammetry - Selected Chapters [PSC] | 164 - 165 |
|---|-----------|

R

| | |
|--|-----------|
| [EI73761] Radar Signals and Systems Radar Signals and Systems | 244 - 247 |
| [EI7648] Raumfahrtelektronik für Sensorsysteme Space Electronics for Sensor Systems | 250 - 252 |
| [MW2412] Raumfahrzeugtechnik 1 (SPACE) Spacecraft Technology 1 (SPACE) [RFT 1 (SPACE)] | 39 - 40 |
| [MW2413] Raumfahrzeugtechnik 2 (SPACE) Spacecraft Technology 2 (SPACE) [RFT 2 (SPACE)] | 51 - 53 |
| [MW2413] Raumfahrzeugtechnik 2 (SPACE) Spacecraft Technology 2 (SPACE) [RFT 2 (SPACE)] | 61 - 63 |
| [MW2413] Raumfahrzeugtechnik 2 (SPACE) Spacecraft Technology 2 (SPACE) [RFT 2 (SPACE)] | 72 - 74 |
| [BGU57013] Realisierung und Anwendungen globaler geodätischer Referenzsysteme Realization and Application of Global Geodetic Reference Systems | 84 - 86 |
| [PH2090] Rechnergestützte Physik 2 Computational Physics 2 | 145 - 146 |
| [EI71026] Robot and Swarm Navigation Robot and Swarm Navigation [RSNAV] | 115 - 116 |

S

| | |
|---|-----------|
| [MW0229] Satellitenentwurf Satellite Design Workshop | 261 - 262 |
| [BGU61033] Satellitennavigation und vertiefte Himmelsmechanik Satellite Navigation and Advanced Orbit Mechanics | 30 - 32 |
| [BGU45042] Satelliten Boden- und Raumsegment Betrieb Ground and Space Segment Control | 36 - 38 |
| [EI5060] Satellite Communications Lab | 240 - 241 |
| [EI0432] Satellite Navigation Satellite Navigation | 235 - 237 |
| [EI5028] Satellite Navigation Laboratory Satellite Navigation Laboratory [SatNavLab] | 238 - 239 |
| [BGU31007] Schätztheorie und Maschinelles Lernen Estimation Theory and Machine Learning | 33 - 35 |
| [BV400016] Selbständig wissenschaftlich Arbeiten Scientific Paper Writing | 182 - 183 |
| [BGU45026] Seminar Design von Erdbeobachtungsmissionen Earth Observation Mission Design Seminar | 151 - 153 |

| | |
|--|-----------|
| [BGU45027] Seminar Entwicklung von Erdbeobachtungsmissionen Earth Observation Mission Development Seminar | 154 - 156 |
| [EI7772] Seminar Environmental Sensing Seminar Environmental Sensing | 119 - 120 |
| [ED110126] Seminar ML4Earth: Machine Learning for Earth Observation and Modeling Seminar ML4Earth: Machine Learning for Earth Observation and Modeling [SemMI4Earth] | 228 - 229 |
| [PH2101] Signalverarbeitung mit FPGAs für Detektoren FPGA based detector signal processing | 147 - 148 |
| [BGU31006] Signalverarbeitung und Mikrowellenfernerkundung Signal Processing and Microwave Remote Sensing | 16 - 17 |
| [ED110118] Softwaredefinierter GNSS-Empfänger Software-defined GNSS receiver | 226 - 227 |
| [ED110105] Spacecraft Design - Grundlagen Spacecraft Design - Fundamentals [SCD-F] | 107 - 109 |
| [ED110108] Space Exploration Space Exploration | 222 - 223 |
| [ED110106] Systems Engineering - Grundlagen Systems Engineering - Fundamentals [SE-F] | 110 - 112 |
| [ED110128] System Earth from Space - an Introduction to the Interpretation of Remote Sensing Data System Earth from Space - an Introduction to the Interpretation of Remote Sensing Data [SysEarth] | 233 - 234 |

T

| | |
|--|-----------|
| [EI7620] Terrestrial Navigation Terrestrial Navigation | 248 - 249 |
| [MA8113] TUM Data Innovation Lab TUM Data Innovation Lab [TUM-DI-LAB] | 133 - 135 |
| [BGUWAHL1] TUM Wahlmodul TUM Elective Module | 75 - 76 |

V

| | |
|--|-----------|
| [LRG4800] Verarbeitung von Punktwolken Point Cloud Processing [PCP] | 130 - 132 |
| [BGU61031] Vertiefte Aspekte der Navigationstechnologie Advanced Aspects of Navigation Technology | 64 - 66 |
| [BGU61031] Vertiefte Aspekte der Navigationstechnologie Advanced Aspects of Navigation Technology | 172 - 173 |
| Vertiefungsrichtungen Specialization Subjects | 41 |
| Vertiefungsrichtung 1: Earth System Science Specialization Subject 1: Earth System Science | 41 |
| Vertiefungsrichtung 2: Remote Sensing Specialization Subject 2: Remote Sensing | 54 |

W

| | |
|--|-----------|
| Wahlmodule Elective Modules | 75 |
| [MW2079] Weltraumthermalsimulation Thermal Space Simulation | 265 - 266 |
| [BGU45041] Wissenschaftliches Arbeiten in Earth Oriented Space Science and Technology Scientific Working in Earth Oriented Space Science and Technology | 24 - 26 |
| [ED110068] Wissenschaftliches Programmieren und Dynamische Modellierung in Julia Scientific Programming and Dynamical Modelling in Julia | 208 - 209 |
| [BGU40064] Wissenschaftliches Schreiben - Theorie und Praxis Scientific Paper Writing - Theory and Practice | 79 - 80 |