Module Description, available in: EN, FR

Advanced structural mechanics

General Information

Number of ECTS Credits

3

Module code

TSM_AdvMech

Valid for academic year

2024-25

Last modification

2021-02-10

Coordinator of the module

Thomas Mayer (ZHAW, thomas.mayer@zhaw.ch)

Explanations regarding the language definitions for each location:

- Instruction is given in the language defined below for each location/each time the module is held.
- Documentation is available in the languages defined below. Where documents are in several languages, the percentage distribution is shown (100% = all the documentation).
- The examination is available 100% in the languages shown for each location/each time it is held.

	Lausanne			Lugano	Zurich		
Instruction		**X** F 100%			**X** E 100%		
Documentation		**X** F 70%	**X** E 30%		**X** E 100%		
Examination		**X** F 100%			**X** E 100%		

Module Category

TSM Technical scientific module

Profile Recommendations

This module is recommended for the following profiles:

	Lausanne	Zurich
Profile	ME	ME

Lessons

2 lecture periods and 1 tutorial period per week

Entry level competences

Prerequisites, previous knowledge

Basic engineering knowledge of structural mechanics, analysis and linear algebra as well as FE element simulation at Bachelor level of Mechanical Engineering studies.
A brief summary of relevant engineering mechanics concepts will be provided prior to the lecture as a self-study revision course.

Brief course description of module objectives and content

This course provides a comprehensible introduction to basic concepts of continuum mechanics, material modelling and failure assessment for metals and polymers.

The students learn the fundamentals of tensor algebra and gain comprehensible insight into the governing mechanical and thermo-mechanical concepts of continuum mechanics. On this basis, an overview is given of state of the art material models for metals and polymers to empower students to competently select advanced material models as implemented in modern Finite Element tools. Finally, the lecture provides a clear insight into the microstructural foundations of failure in metals as well as an overview of mechanical assessment methods as applied in engineering practice. The course is accompanied by regular exercises and hands-on workshops in which advanced material models and assessment methods are applied to practical problems.

Aims, content, methods

Learning objectives and competencies to be acquired

- **Basic tensor algebra and calculus**
  - Vector and tensor algebra
  - Tensor properties and decompositions
- **Continuum mechanics**
  - Kinematics (deformation measures)
  - Kinetics (stress measures)
  - Equilibrium equations
  - Balance laws
- **Material behaviour & models for metals**
  - Basic modelling principles
  - Elasticity and anisotropy
  - Plasticity
- **Material behaviour & models for polymers**
  - Hyperelasticity
  - Plasticity (influence of hydrostatic pressure)
  - Damage & fracture of adhesives

Module content with weighting of different components

- Students are familiar with basic tensor algebra to understand fundamental continuum mechanical concepts.
- Students are familiar with the building blocks of continuum mechanics such as kinematics and kinetics concepts as well as equilibrium equations and balance laws as governing equations of mechanical problems.
- Students have a broad understanding of the basic material behaviour of metals and polymers including elasticity, hyperelasticity, plasticity, visco-elasticity, visco-plasticity and creep / relaxation as well as isotropy, orthotropy and anisotropy.
- Students are able to appropriately select and deploy linear and non-linear material models in Finite Element simulations.
- Students know the basic failure mechanisms for metals and polymers; they are able to select appropriate mechanical assessment methods and perform basic assessments.

Teaching and learning methods

Frontal Teaching (ca. 60%), exercises and 2 workshops incl. Finite Element application (ca. 40%)

Literature

Script

Further literature (sorted by comprehensiveness and level of difficulty):

- Gross D. et al. (2018) Technische Mechanik 4 – Hydromechanik, Elemente der Höheren Mechanik, Numerische Methoden, 10. Auflage. Springer Vieweg. (https://doi.org/10.1007/978-3-662-55694-8)
- Altenbach H. (2018) Kontinuumsmechanik – Einführung in die materialunabhängigen und materialabhängigen Gleichungen, 4. Auflage. Springer Vieweg. (https://doi.org/10.1007/978-3-662-57504-8)
- Lemaitre J. & Chaboche J.-L. (2000) Mechanics of Solid Materials. Cambridge University Press. (https://doi.org/10.1017/CBO9781139167970)
- Bergström J (2015) Mechanics of Solid Polymers, Theory and Computational Modeling. William Andrew Publishing. (https://doi.org/10.1016/C2013-0-15493-1)
- Ottoson N. & Ristinmaa M. (2005) The Mechanics of Constitutive Modeling, 1st Edition. Elsevier Science. (https://doi.org/10.1016/B978-0-08-044606-6.X5000-0)

Assessment

Certification requirements

Module uses certification requirements

Certification requirements for final examinations (conditions for attestation)

Active participation in two Workshops (MW10, MW14) with submission of two reports in teams of two

Basic principle for exams

As a rule, all standard final exams are conducted in written form. For resit exams, lecturers will communicate the exam format (written/oral) together with the exam schedule.

Standard final exam for a module and written resit exam

Kind of exam

Written exam

Duration of exam

120 minutes

Permissible aids

Aids permitted as specified below:

Permissible electronic aids

Pocket calculator

Other permissible aids

Open book

Special case: Resit exam as oral exam

Kind of exam

Oral exam

Duration of exam

30 minutes

Permissible aids

Aids permitted as specified below:

Permissible electronic aids

Pocket calculator

Other permissible aids

Open book

Description du module, disponible en: EN, FR

Advanced structural mechanics

Informations générales

Nombre de crédits ECTS

3

Code du module

TSM_AdvMech

Valable pour l'année académique

2024-25

Dernière modification

2021-02-10

Coordinateur/coordinatrice du module

Thomas Mayer (ZHAW, thomas.mayer@zhaw.ch)

Explications concernant les langues d'enseignement par site :

- Les cours se dérouleront dans la langue définie ci-dessous par lieu/exécution.
- Les documents sont disponibles dans les langues définies ci-dessous. Pour le multilinguisme, voir la répartition en pourcentage (100% = documents complets)
- L'examen est disponible à 100% dans chaque langue sélectionnée pour chaque lieu/exécution.

	Lausanne			Lugano	Zurich		
Leçons		**X** F 100%			**X** E 100%		
Documentation		**X** F 70%	**X** E 30%		**X** E 100%		
Examen		**X** F 100%			**X** E 100%		

Catégorie de module

TSM approfondissement technico-scientifique

Recommandations de profil

Ce module est recommandé pour les profils suivants :

	Lausanne	Zurich
Profil	ME	ME

Leçons

2 leçons et 1 leçon de pratique par semaine

Compétences préalables

Connaissances préalables, compétences initiales

Connaissances de base en mécanique des structures, analyse et algèbre linéaire ainsi que simulation d'éléments EF de niveau Bachelor en génie mécanique.

Un bref résumé des concepts d'ingénierie mécanique pertinents sera fourni avant le cours sous forme de mise à niveau en auto-apprentissage.

Brève description du contenu et des objectifs

Ce cours fournit une introduction complète aux concepts de base de la mécanique de milieux continus, de la modélisation des matériaux et de l'évaluation des défaillances pour les métaux et les polymères.

Les étudiant-e-s apprennent les bases de l'algèbre des tenseurs et acquièrent un aperçu des concepts mécaniques et thermo-mécaniques régissant la mécanique de milieux continus. Sur cette base, un aperçu est donné des modèles de matériaux de pointe pour les métaux et les polymères permettant aux étudiant-e-s de sélectionner intélligement des modèles de matériaux avancés tels qu'ils sont mis en œuvre dans les outils modernes des éléments finis. Enfin, le cours donne un aperçu clair des fondements microstructuraux de la défaillance des métaux ainsi qu'un aperçu des méthodes d'évaluation mécanique telles qu'elles sont appliquées dans la pratique de l'ingénierie. Le cours est accompagné d'exercices réguliers et d'ateliers pratiques dans lesquels des modèles de matériaux avancés et des méthodes d'évaluation sont appliqués à des problèmes pratiques.

Objectifs, contenus, méthodes

Objectifs d'apprentissage, compétences à acquérir

- **Notions de base du calcul tensoriel**
  - Algèbre vectorielle et tensorielle
  - Propriétés des tenseurs et décomposition
- **Mécanique des milieux continus**
  - Cinématique des milieux continus (déformations)
  - Dynamique des milieux continus (contraintes)
  - Équations d'équilibre
- **Comportement et modélisation des matériaux métalliques**
  - Principes de modélisation de base
  - Elasticité et anisotropie
  - Plasticité
- **Comportement et modélisation des matériaux polymères**
  - Hyperélasticité
  - Plasticité (influence de la pression hydrostatique)
  - Viscoélasticité

Contenu des modules avec pondération du contenu des cours

- Les étudiant-e-s sont familiarisé-e-s avec l'algèbre des tenseurs de base pour comprendre les concepts fondamentaux de la mécanique du continuum.
- Les étudiant-e-s sont familiarisé-e-s avec les éléments de base de la mécanique du continuum tels que les concepts de cinématique et de cinétique ainsi que les équations d'équilibre et les lois d'équilibre comme équations directrices des problèmes mécaniques.
- Les étudiant-e-s ont une large compréhension du comportement de base des matériaux des métaux et des polymères, y compris l'élasticité, l'hyperélasticité, la plasticité, la viscoélasticité, la visco-plasticité et le fluage / la relaxation ainsi que l'isotropie, l'orthotropie et l'anisotropie.
- Les étudiant-e-s sont capables de sélectionner et de déployer de manière appropriée des modèles de matériaux linéaires et non linéaires dans des simulations par éléments finis.

- Les étudiant-e-s connaissent les mécanismes de défaillance de base des métaux et des polymères ; ils sont capables de sélectionner des méthodes d'évaluation mécanique appropriées et de réaliser des évaluations de base.

Méthodes d'enseignement et d'apprentissage

Enseignement frontal (environ 60%), exercices et 2 ateliers, y compris la méthode des *éléments finis* (environ 40%)

Bibliographie

Script

Documentation complémentaire (triée par degré d'exhaustivité et de difficulté) :

- Gross D. et al. (2018) Technische Mechanik 4 – Hydromechanik, Elemente der Höheren Mechanik, Numerische Methoden, 10. Auflage. Springer Vieweg. (https://doi.org/10.1007/978-3-662-55694-8)
- Altenbach H. (2018) Kontinuumsmechanik – Einführung in die materialunabhängigen und materialabhängigen Gleichungen, 4. Auflage. Springer Vieweg. (https://doi.org/10.1007/978-3-662-57504-8)
- Lemaitre J. & Chaboche J.-L. (2000) Mechanics of Solid Materials. Cambridge University Press. (https://doi.org/10.1017/CBO9781139167970)
- Bergström J (2015) Mechanics of Solid Polymers, Theory and Computational Modeling. William Andrew Publishing. (https://doi.org/10.1016/C2013-0-15493-1)
- Ottoson N. & Ristinmaa M. (2005) The Mechanics of Constitutive Modeling, 1st Edition. Elsevier Science. (https://doi.org/10.1016/B978-0-08-044606-6.X5000-0)

Evaluation

Conditions d'admission

Le module utilise les conditions d'admission

Conditions d'admission à l'examen de fin de module (exigences du certificat)

Participation active à deux ateliers (SEM10, SEM14) avec présentation de deux rapports par équipe de deux

Principe pour les examens

En règle générale, tous les examens réguliers de fin de module se déroulent sous forme écrite. Concernant les examens de répétition, leur format (écrit ou oral) sera communiqué par l'enseignant-e en même temps que le calendrier des examens.

Examen de fin de module régulier et examen écrit de répétition

Type de l'examen

Examen écrit

Durée de l'examen

120 minutes

Aides autorisées

Les aides suivantes sont autorisées:

Aides électroniques autorisées

Calculatrice de poche

Autres aides autorisées

Livre ouvert

Cas spécial: examen de répétition oral

Type de l'examen

Examen oral

Durée de l'examen

30 minutes

Aides autorisées

Les aides suivantes sont autorisées:

Aides électroniques autorisées

Calculatrice de poche

Autres aides

Livre ouvert