

Module Description, available in: EN, FR

Advanced structural mechanics

General Information**Number of ECTS Credits**

3

Module code

TSM_AdvMech

Valid for academic year

2021-2022

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.

	Berne	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

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 acquired competencies

Week	Subject
MW1	Basic Tensor Algebra & Calculus 1 - Vector and tensor algebra
MW2	Basic Tensor Algebra & Calculus 2 - Selected tensor properties and problems - Tensor calculus
MW3	Continuum Mechanics 1 - Basic definitions - Kinematics of continuums
MW4	Continuum Mechanics 2 - Kinetics of continuums
MW5	Continuum Mechanics 3 - Equilibrium equations, equations of motion - Overview of balance laws
MW6	Material Behaviour & Models for Metals 1 - Material behaviour overview - Basic modelling principles - Elasticity
MW7	Material Behaviour & Models for Metals 2 - Plasticity - Visco-plasticity, creep / relaxation
MW8	Failure Mechanisms & Assessment Methods 1 - Failure mechanisms of metals - Static assessment methods for metals
MW9	Failure Mechanisms & Assessment Methods 2 - Fatigue assessment methods for metals
MW10	Workshop 1 Application of Material Models and Assessment Methods for Metals
MW11	Material Behaviour & Models for Polymers 1 - Material behaviour overview - Plasticity (influence of hydrostatic pressure) - Hyperelasticity
MW12	Material Behaviour & Models for Polymers 2 - Visco-elasticity, visco-plasticity, creep / relaxation - Cohesive zone models for bonded interfaces
MW13	Material Behaviour & Models for Polymers 3 - Parameter identification and optimisation methods
MW14	Workshop 2 Application of Material and Damage Models for Polymers

Contents of module with emphasis on teaching content

- 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 the standard final exams for modules and also all resit exams are to be in written form

Standard final exam for a module and written resit exam

Kind of exam

written

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

Duration of exam

30 minutes

Permissible aids

Aids permitted as specified below:

Permissible electronic aids

Pocket calculator

Other permissible aids

Open book

Advanced structural mechanics

Informations générales

Nombre de crédits ECTS

3

Code du module

TSM_AdvMech

Valable pour l'année académique

2021-2022

Dernière modification

2021-02-10

Coordinateur/coordinatrice du module

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

Explication des définitions de langue par lieu :

- 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.

	Berne	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

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 intelligemment 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

Semaine	Sujet
Sem. 1	Algèbre tensorielle de base et calcul 1 - Algèbre vectorielle et tensorielle
Sem. 2	Algèbre tensorielle de base et calcul 2 - Propriétés et problèmes des tenseurs sélectionnés - Calcul du tenseur
Sem. 3	Mécanique de milieux continus 1 - Définitions - Cinématique des milieux continus
Sem. 4	Mécanique de milieux continus 2 - Cinétique des milieux continus
Sem. 5	Mécanique de milieux continus 3 - Équations d'équilibre, équations de mouvement - Aperçu des lois d'équilibre
Sem. 6	Comportement des matériaux et modèles pour les métaux 1 - Aperçu du comportement des matériaux - Principes de base de la modélisation - Élasticité
Sem. 7	Comportement des matériaux et modèles pour les métaux 2 - Plasticité - Visco-plasticité, fluage / relaxation
Sem. 8	Mécanismes de défaillance et méthodes d'évaluation 2 - Mécanismes de défaillance des métaux - Méthodes d'évaluation statique des métaux
Sem. 9	Mécanismes de défaillance et méthodes d'évaluation 2 - Méthodes d'évaluation de la fatigue pour les métaux
Sem. 10	Atelier 1 Application des modèles de matériaux et des méthodes d'évaluation pour les métaux
Sem. 11	Comportement des matériaux et modèles pour les polymères 1 - Aperçu du comportement des matériaux - Plasticité (influence de la pression hydrostatique) - Hyperélasticité
Sem. 12	Comportement des matériaux et modèles pour les polymères 2 - Visco-élasticité, visco-plasticité, fluage / relaxation - Modèles de zones cohésives pour les interfaces collées
Sem. 13	Comportement des matériaux et modèles pour les polymères 3 - Méthodes d'identification et d'optimisation des paramètres
Sem. 14	Atelier 2 Application des modèles de matériaux et de dommages pour les polymères

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 de fin de module réguliers et les examens de rattrapage sont organisés sous la forme écrite

Examen de fin de module régulier et examen écrit de répétition

Type de l'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

oral

Durée de l'examen

30 minutes

Aides autorisées

Les aides suivantes sont autorisées:

Aides électroniques autorisées

Calculatrice de poche

