

Privater Masterstudiengang

Numerische Strömungsmechanik





Privater Masterstudiengang Numerische Strömungsmechanik

- » Modalität: online
- » Dauer: 12 Monate
- » Qualifizierung: TECH Technische Universität
- » Zeitplan: in Ihrem eigenen Tempo
- » Prüfungen: online

Internetzugang: www.techtitude.com/de/ingenieurwissenschaften/masterstudiengang/masterstudiengang-numerische-stromungsmechanik

Index

01

Präsentation

Seite 4

02

Ziele

Seite 8

03

Kompetenzen

Seite 14

04

Kursleitung

Seite 18

05

Struktur und Inhalt

Seite 22

06

Studienmethodik

Seite 32

07

Qualifizierung

Seite 40

01

Präsentation

Die Simulation ist zu einem der grundlegenden Elemente der Wissenschaft geworden und hat sich als sehr zuverlässig erwiesen, wenn es darum geht, Theorien zu validieren und Experimente zu ersetzen, deren Durchführung normalerweise kostspieliger und zeitaufwändiger wäre, so dass man viel optimalere Entwürfe erhält. Deshalb ist die numerische Strömungsmechanik (CFD) so wichtig, und deshalb sind Ingenieure mit umfassenden und spezifischen Kenntnissen über ihre Entwicklung gefragt. Aus diesem Grund hat TECH einen Studiengang entwickelt, der den Studenten die notwendigen Fähigkeiten vermittelt, um mit größtmöglicher Effizienz eine berufliche Zukunft in diesem Bereich anzustreben. All dies durch einen 100%igen Online-Inhalt, der sich mit Themen wie fortgeschrittenen Modellen, Methoden und fortgeschrittener Mathematik für CFD beschäftigt.



“

*Werden Sie in nur 12 Monaten zum Experten
für numerische Strömungsmechanik“*

Die Simulation ist zu einer der Säulen der Wissenschaft geworden, und die numerische Strömungsmechanik (CFD) ist eine Rechentechnik, mit der die Bewegung von Flüssigkeiten simuliert werden soll. Dieses Werkzeug bietet zahlreiche Vorteile gegenüber anderen Arten von Strömungsmechanikstudien, wie z. B. Zeitersparnis, Kostenreduzierung bei Experimenten, die Möglichkeit, Bedingungen zu analysieren, die experimentell sehr kompliziert zu simulieren sind, und ein praktisch unbegrenztes Detailniveau.

Um diese Technik in der Tiefe zu beherrschen, ist es notwendig, hochtechnische und spezialisierte Fähigkeiten und Kenntnisse über Algorithmen, Methoden und die Modelle, aus denen ein Simulator besteht, zu erwerben. Aus diesem Grund hat TECH einen Privaten Masterstudiengang in Numerische Strömungsmechanik konzipiert, um die Studenten fortzubilden, damit sie in diesem Bereich als CFD-Entwickler oder als fortgeschrittene Anwender arbeiten können, und zwar durch eine globale und spezialisierte Sicht auf die gesamte Entwicklungsumgebung.

So werden im gesamten Lehrplan Themen wie der Ursprung von Turbulenzen, GPU-Umgebungen, iterative Methoden, Finite-Volumen-Methoden oder fortgeschrittene Methoden für CFD, neben vielen anderen hochrelevanten Aspekten, eingehend behandelt. Und das alles in einem bequemen 100%igen Online-Modus, der den Studenten völlige Freiheit bei der Organisation ihres Studiums und ihrer Zeitplanung bietet.

Dieses Programm besteht aus multimedialen Inhalten, die von den besten Experten auf diesem Gebiet entwickelt wurden, und aus aktualisierten Informationen, die auf den zuverlässigsten Quellen basieren, sowie aus den innovativsten Lehrtechnologien. Alle Materialien stehen den Studenten vom ersten Tag an zur Verfügung und können von jedem Gerät mit Internetanschluss abgerufen werden, sei es ein Tablet, ein Mobiltelefon oder ein Computer.

Dieser **Privater Masterstudiengang in Numerische Strömungsmechanik** enthält das vollständigste und aktuellste Programm auf dem Markt. Seine herausragendsten Eigenschaften sind:

- ♦ Die Entwicklung von Fallstudien, die von Experten für numerische Strömungsmechanik vorgestellt werden
- ♦ Der anschauliche, schematische und äußerst praxisnahe Inhalt vermittelt alle für die berufliche Praxis unverzichtbaren wissenschaftlichen und praktischen Informationen
- ♦ Praktische Übungen, bei denen der Selbstbewertungsprozess zur Verbesserung des Lernens genutzt werden kann
- ♦ Sein besonderer Schwerpunkt liegt auf innovativen Methoden
- ♦ Theoretische Lektionen, Fragen an den Experten, Diskussionsforen zu kontroversen Themen und individuelle Reflexionsarbeit
- ♦ Die Verfügbarkeit des Zugangs zu Inhalten von jedem festen oder tragbaren Gerät mit Internetanschluss



Stärken Sie Ihr berufliches Profil mit neuen Kenntnissen in CFD und heben Sie sich in einem boomenden Sektor ab"



Vertiefen Sie Ihre Kenntnisse und erwerben Sie neue Fähigkeiten im Bereich kompressibler Flüssigkeiten und Mehrphasenströmung“

Das Dozententeam des Programms besteht aus Experten des Sektors, die ihre Berufserfahrung in diese Fortbildung einbringen, sowie aus renommierten Fachkräften von führenden Gesellschaften und angesehenen Universitäten.

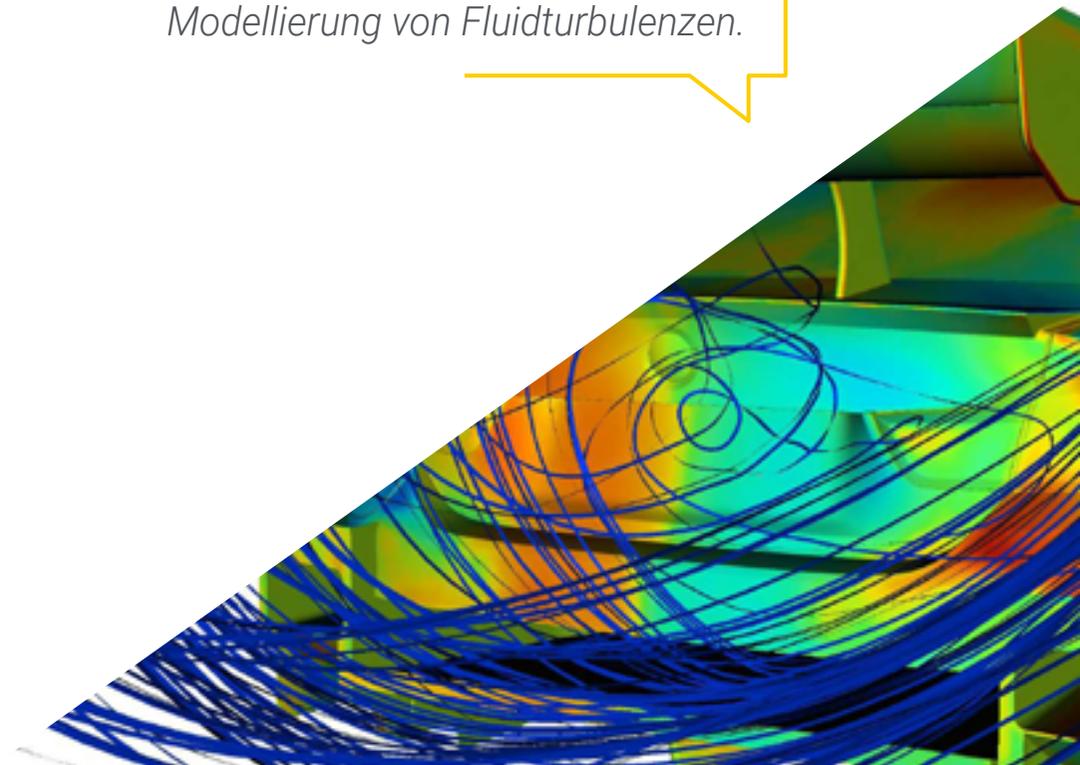
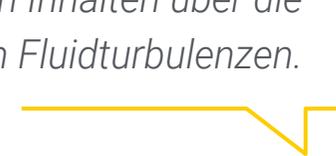
Die multimedialen Inhalte, die mit der neuesten Bildungstechnologie entwickelt wurden, werden der Fachkraft ein situiertes und kontextbezogenes Lernen ermöglichen, d. h. eine simulierte Umgebung, die eine immersive Fortbildung bietet, die auf die Ausführung von realen Situationen ausgerichtet ist.

Das Konzept dieses Programms konzentriert sich auf problemorientiertes Lernen, bei dem die Fachkraft versuchen muss, die verschiedenen Situationen aus der beruflichen Praxis zu lösen, die während des gesamten Studiengangs gestellt werden. Zu diesem Zweck wird sie von einem innovativen interaktiven Videosystem unterstützt, das von renommierten Experten entwickelt wurde.

Lernen Sie alles über fortgeschrittene CFD-Modellierung, dank des umfassendsten theoretischen und praktischen Materials.



Schreiben Sie sich jetzt ein und erhalten Sie Zugang zu allen Inhalten über die Modellierung von Fluidturbulenzen.



02 Ziele

Das Ziel dieses Privaten Masterstudiengang in Numerische Strömungsmechanik ist es, den Studenten spezielle theoretische und praktische Kenntnisse über die Entwicklung von CFD-Simulatoren, einschließlich des gesamten Ökosystems, zu vermitteln. Auf diese Weise werden sie in die Lage versetzt, sich mit absoluter Erfolgsgarantie einer beruflichen Zukunft in diesem Bereich zu stellen.



“

*Geben Sie Ihrer Karriere den nötigen
Auftrieb und spezialisieren Sie sich
in einem der zukunftsträchtigsten
Bereiche des Ingenieurwesens“*

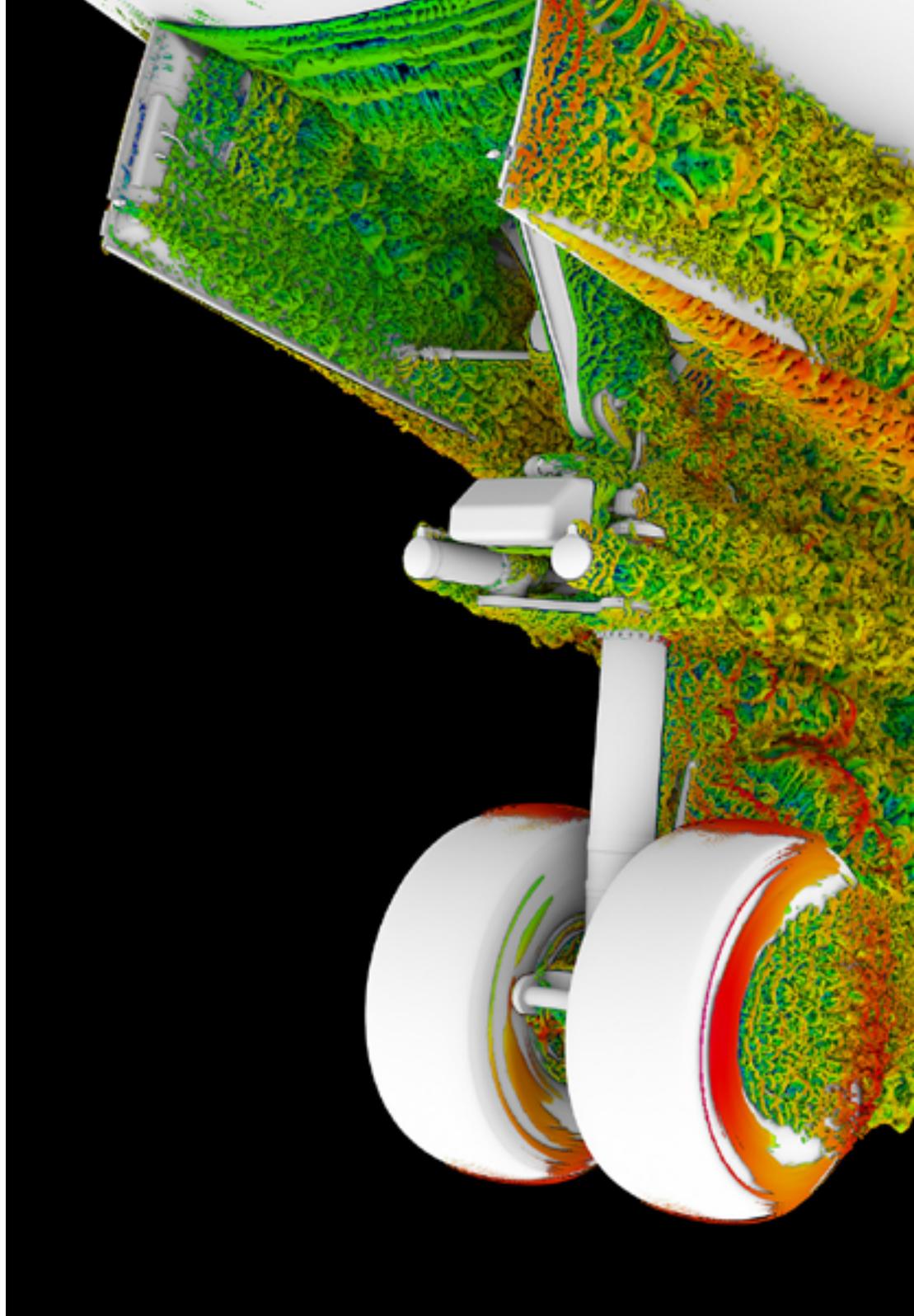


Allgemeine Ziele

- ◆ Festlegen der Grundlagen für das Studium der Turbulenz
- ◆ Entwickeln der statistischen Konzepte von CFD
- ◆ Bestimmen der wichtigsten Berechnungsmethoden in der Turbulenzforschung
- ◆ Erarbeiten von Spezialwissen im Finite-Volumen-Verfahren
- ◆ Erwerben von Spezialwissen in strömungsmechanischen Berechnungstechniken
- ◆ Untersuchen der Wandelemente und der verschiedenen Regionen einer turbulenten Wandströmung
- ◆ Bestimmen der Eigenschaften von kompressiblen Strömungen
- ◆ Untersuchen der multiplen Modelle und Multiphasenmethoden
- ◆ Entwickeln von Fachwissen über multiple Modelle und Methoden in der Multiphysik und thermischen Analyse
- ◆ Interpretieren der Ergebnisse durch korrektes Nachbearbeiten



Dank der innovativsten CFD-Simulationswerkzeuge werden Sie Ihre anspruchsvollsten Ziele erreichen“





Spezifische Ziele

Modul 1. Strömungsmechanik und Hochleistungsrechnen

- ◆ Identifizieren der Gleichungen für turbulente Strömungen
- ◆ Untersuchen des Schließungsproblems
- ◆ Bestimmen der für die Modellierung benötigten dimensionslosen Zahlen
- ◆ Analysieren der wichtigsten CFD-Techniken
- ◆ Untersuchen der wichtigsten experimentellen Techniken
- ◆ Entwickeln der verschiedenen Typen von Supercomputern
- ◆ Aufzeigen der Zukunft: GPU

Modul 2. Fortgeschrittene Mathematik für CFD

- ◆ Entwickeln der mathematischen Konzepte der Turbulenz
- ◆ Erwerben von Fachwissen über die Anwendung von Statistik auf turbulente Strömungen
- ◆ Schaffen einer Grundlage für die Methode zur Lösung von CFD-Gleichungen
- ◆ Demonstrieren von Methoden zum Lösen algebraischer Probleme
- ◆ Analysieren der Mehrgittermethode
- ◆ Untersuchen der Verwendung von Eigenwerten und Eigenvektoren bei CFD-Problemen
- ◆ Bestimmen von Methoden zur Lösung nichtlinearer Probleme

Modul 3. CFD in Forschungs- und Modellierungsumgebungen

- ◆ Analysieren der Zukunft der künstlichen Intelligenz in der Turbulenz
- ◆ Anwenden klassischer Diskretisierungsmethoden auf strömungsmechanische Probleme
- ◆ Bestimmen der verschiedenen Turbulenzstrukturen und ihrer Bedeutung
- ◆ Demonstrieren der Methode der Merkmale
- ◆ Darstellen der Auswirkungen der Entwicklung des Supercomputing auf CFD-Probleme
- ◆ Untersuchen der wichtigsten offenen Probleme in der Turbulenz

Modul 4. CFD in Anwendungsumgebungen: Finite-Volumen-Methode

- ◆ Analysieren der FEM- oder FVM-Umgebung
- ◆ Festlegen, was, wo und wie Randbedingungen definiert werden können
- ◆ Bestimmen möglicher Zeitschritte
- ◆ Konkretisieren und Entwerfen von Upwind-Schemata
- ◆ Entwickeln von Schemata hoher Ordnung
- ◆ Untersuchen von Konvergenzschleifen und in welchen Fällen sie zu verwenden sind
- ◆ Aufzeigen der Unzulänglichkeiten von CFD-Ergebnissen

Modul 5. Fortgeschrittene Methoden für CFD

- ◆ Entwickeln der Finite-Elemente-Methode und der Methode der geglätteten Partikelhydrodynamik
- ◆ Analysieren der Vorteile von Lagrangeschen gegenüber Eulerschen Methoden, insbesondere SPH vs. FVM
- ◆ Analysieren der direkten Monte-Carlo-Simulationsmethode und der Lattice-Boltzmann-Methode
- ◆ Bewerten und Interpretieren von räumlichen Aerodynamik- und Mikrofluidodynamiksimulationen
- ◆ Ermitteln der Vor- und Nachteile von LBM gegenüber der traditionellen FVM-Methode



Modul 6. Modellierung von Turbulenzen in Fluiden

- ◆ Anwenden des Konzepts der Größenordnungen
- ◆ Einführen des Schließungsproblems der Navier-Stokes-Gleichungen
- ◆ Untersuchen der Energiehaushaltsgleichungen
- ◆ Entwickeln des Konzepts der turbulenten Viskosität
- ◆ Erklären der verschiedenen Arten von RANS und LES
- ◆ Einführen der Regionen turbulenter Strömung
- ◆ Modellieren der Energiegleichung

Modul 7. Kompressible Flüssigkeiten

- ◆ Entwickeln der Hauptunterschiede zwischen kompressibler und inkompressibler Strömung
- ◆ Untersuchen von typischen Beispielen für das Auftreten von kompressiblen Flüssigkeiten
- ◆ Identifizieren der Besonderheiten beim Lösen hyperbolischer Differentialgleichungen
- ◆ Festlegen der grundlegenden Methodik zur Lösung des Riemannschen Problems
- ◆ Zusammenstellen verschiedener Lösungsstrategien
- ◆ Analysieren der Vor- und Nachteile der verschiedenen Methoden
- ◆ Vorstellen der Anwendbarkeit dieser Methoden auf die Euler-/Navier-Stokes-Gleichungen anhand von klassischen Beispielen

Modul 8. Mehrphasenströmung

- ◆ Unterscheiden, welche Art von Mehrphasenströmung zu simulieren ist: kontinuierliche Phasen, wie die Simulation eines Schiffes auf See, eines kontinuierlichen Mediums; diskrete Phasen, wie die Simulation spezifischer Tröpfchenbahnen; oder die Verwendung statistischer Populationen, wenn die Anzahl der Partikel, Tröpfchen oder Blasen zu groß ist, um simuliert zu werden
- ◆ Ermitteln des Unterschieds zwischen Lagrangeschen, Eulerschen und gemischten Methoden
- ◆ Bestimmen, welche Werkzeuge sich am besten für die zu simulierende Strömung eignen

- ◆ Modellieren der Auswirkungen von Oberflächenspannung und Phasenveränderungen wie Verdampfung, Kondensation oder Kabitation
- ◆ Entwickeln von Randbedingungen für die Wellensimulation, Kennenlernen der verschiedenen Wellenmodelle und Anwenden des so genannten numerischen Strandes, einer Region der Domäne, die sich am Ausfluss befindet und deren Ziel es ist, die Reflexion von Wellen zu vermeiden

Modul 9. Fortgeschrittene CFD-Modelle

- ◆ Unterscheiden, welche Art von physikalischen Interaktionen zu simulieren sind: Fluid-Struktur, wie ein Flügel, der aerodynamischen Kräften ausgesetzt ist, Fluid gekoppelt mit Starrkörperdynamik, wie die Simulation der Bewegung einer im Meer schwimmenden Boje, oder Thermo-Fluid, wie die Simulation der Temperaturverteilung in einem Festkörper, der Luftströmungen ausgesetzt ist
- ◆ Unterscheiden der gängigsten Datenaustauschschemata zwischen verschiedenen Simulationssoftwares und wann das eine oder das andere am besten angewendet werden kann oder sollte
- ◆ Untersuchen verschiedener Wärmeübertragungsmodelle und wie sie sich auf eine Flüssigkeit auswirken können
- ◆ Modellieren von Konvektion, Strahlung und Diffusionsphänomenen aus der Sicht eines Fluids, Modellieren der Schallerzeugung durch ein Fluid, Modellieren von Simulationen mit Advektions-Diffusions-Termen zur Simulation von kontinuierlichen oder partikulären Medien und Modellieren von reaktiven Strömungen

Modul 10. Nachbearbeitung, Validierung und Anwendung in CFD

- ◆ Bestimmen der Arten von Nachbearbeitung je nach den zu analysierenden Ergebnissen: rein numerisch, visuell oder eine Mischung aus beidem
- ◆ Analysieren der Konvergenz einer CFD-Simulation
- ◆ Ermitteln der Notwendigkeit einer CFD-Validierung und Verstehen grundlegender Beispiele für eine CFD-Validierung
- ◆ Untersuchen der verschiedenen auf dem Markt erhältlichen Tools
- ◆ Begründen des aktuellen Kontextes der CFD-Simulation

03

Kompetenzen

Die Struktur dieses Privaten Masterstudiengangs in Numerische Strömungsmechanik wurde von Fachleuten auf diesem Gebiet entwickelt, die den Studenten die notwendigen Fähigkeiten und Kenntnisse vermitteln wollen, damit sie sich der beruflichen Realität dieses Sektors stellen können, und zwar mit optimaler Arbeitsqualität und der maximalen Fähigkeit, die verschiedenen Schwierigkeiten zu lösen, die auftreten können. TECH bietet vollständige, aktuelle und präzise Inhalte, die den höchsten Ansprüchen genügen.



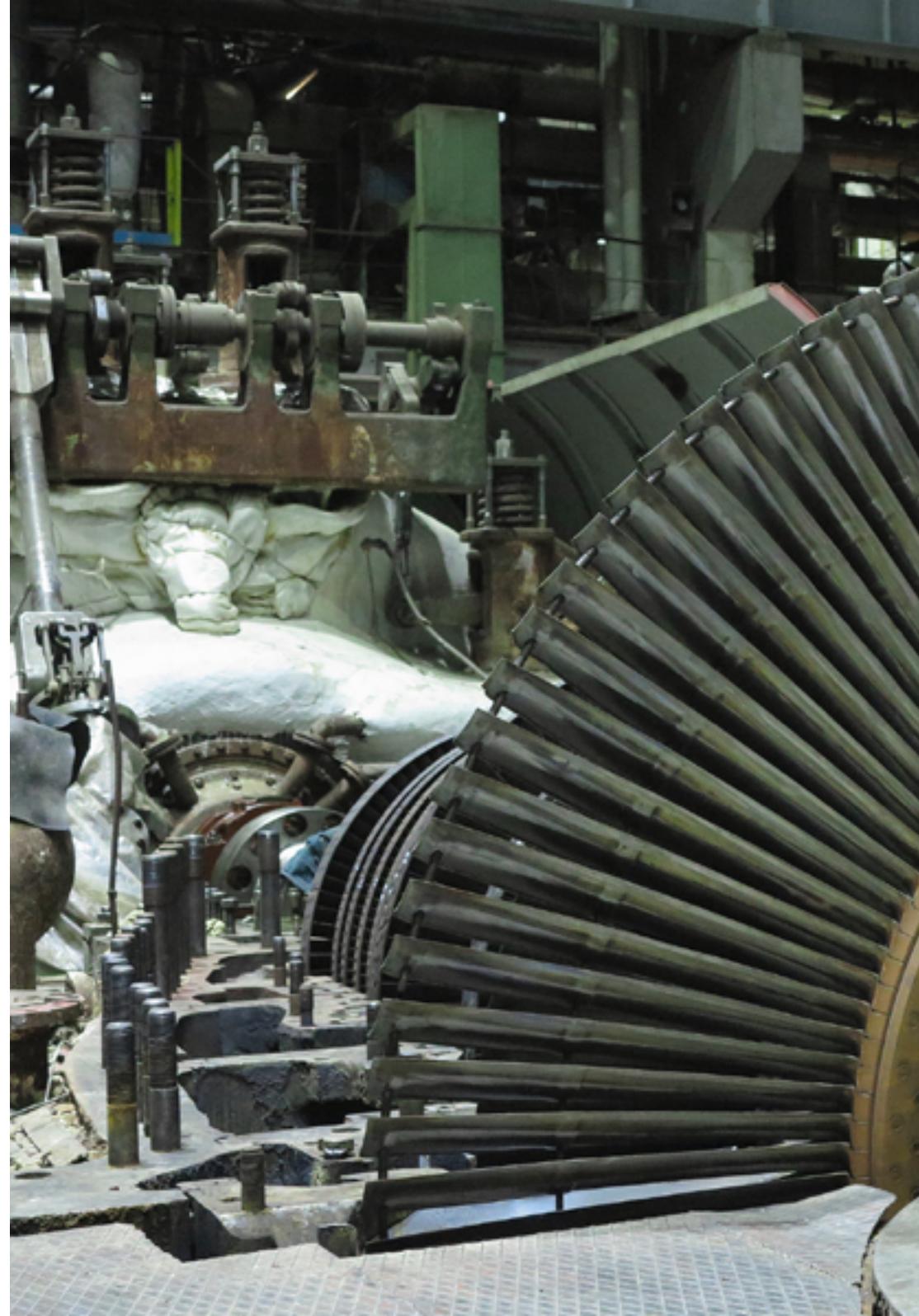
“

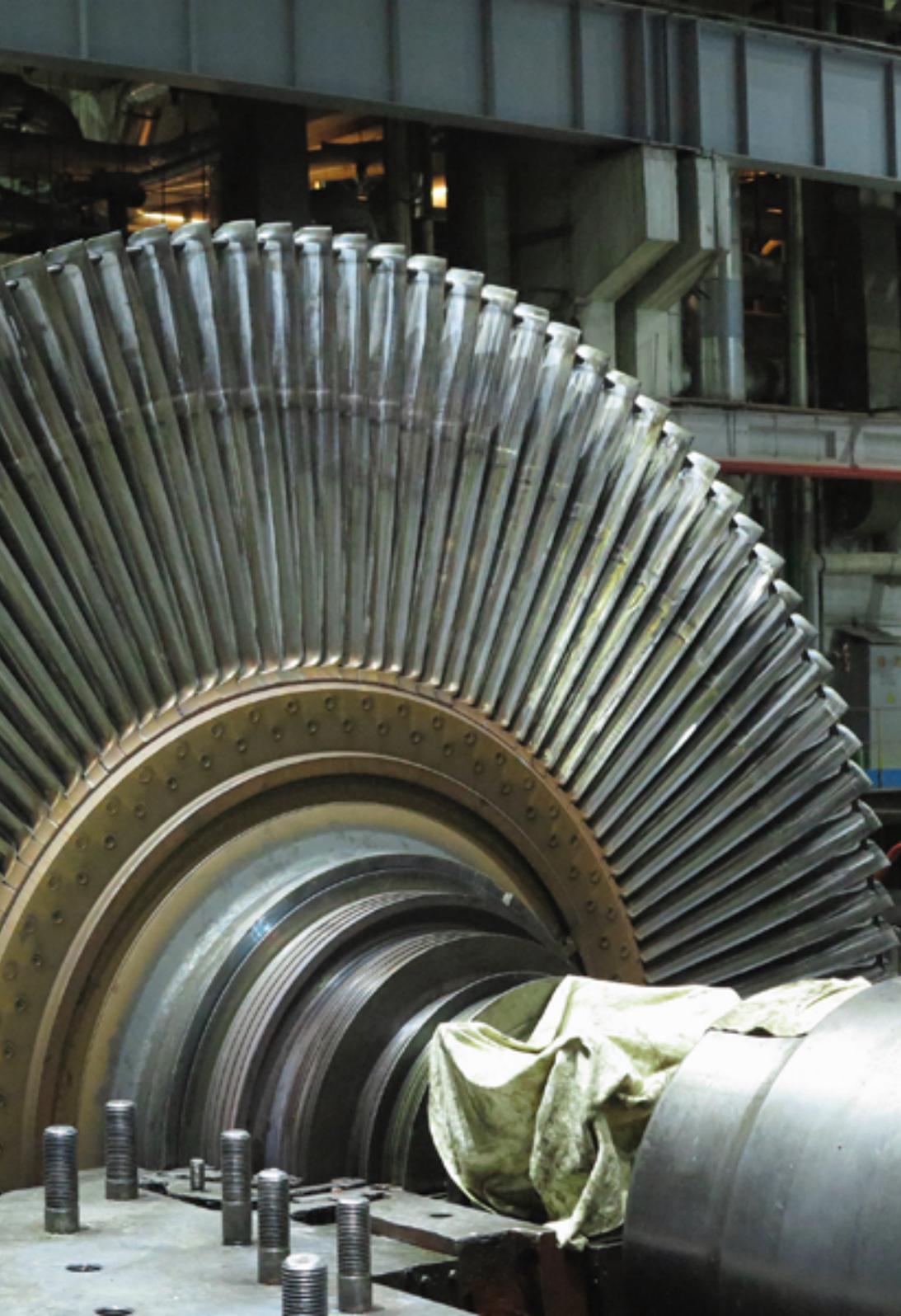
Mit den neuen Kompetenzen, die Sie nach Abschluss des Programms erwerben, werden Sie sich als Experte für numerische Strömungsmechanik positionieren"



Allgemeine Kompetenzen

- ◆ Kennen der wichtigsten Techniken des Supercomputing
- ◆ Identifizieren und Definieren des Begriffs Residuum
- ◆ Unterscheiden der verschiedenen turbulenten Strukturen
- ◆ Optimales Konfigurieren jeder Simulation
- ◆ Erwerben von Fachwissen über strömungsmechanische Berechnungstechniken
- ◆ Modellieren der Energiegleichung
- ◆ Identifizieren der wichtigsten numerischen Methoden zur Lösung des Riemann-Problems
- ◆ Auswählen des Simulationstyps oder des Modells, das am besten für den jeweiligen Kontext geeignet ist, sowie Ermitteln der Vor- und Nachteile der einzelnen Methoden
- ◆ Kombinieren mehrerer Strategien, um die besten Ergebnisse dort zu erzielen, wo sie am meisten benötigt werden
- ◆ Interpretieren der Ergebnisse durch korrektes Nachbearbeiten





Spezifische Kompetenzen

- ◆ Entwickeln der verschiedenen Typen von Supercomputern
- ◆ Bestimmen von Methoden zur Lösung nichtlinearer Probleme
- ◆ Anwenden klassischer Diskretisierungsmethoden auf strömungsmechanische Probleme
- ◆ Festlegen, was, wo und wie Randbedingungen definiert werden können
- ◆ Bewerten und Interpretieren von räumlichen Aerodynamik- und Mikrofluidodynamiksimulationen
- ◆ Einführen des Schließungsproblems der Navier-Stokes-Gleichungen
- ◆ Zusammenstellen verschiedener Lösungsstrategien
- ◆ Ermitteln des Unterschieds zwischen Lagrangeschen, Eulerschen und gemischten Methoden
- ◆ Unterscheiden der gängigsten Datenaustauschschemata zwischen verschiedenen Simulationssoftwares und wann das eine oder das andere am besten angewendet werden kann oder sollte
- ◆ Kennen der verschiedenen auf dem Markt erhältlichen Tools



Verbessern Sie Ihr Wissen und Ihre Fähigkeiten mit dem gesamten Material, das im virtuellen Campus zu Nachbearbeitung, Validierung und Anwendung in CFD zur Verfügung steht"

04

Kursleitung

In ihrem Bestreben, eine Eliteausbildung für alle anzubieten, verfügt TECH über die besten Spezialisten, um Programme und Lehrpläne zu entwickeln, die den höchsten Anforderungen und Bedürfnissen gerecht werden. Die Fachleute, die das Expertenteam für numerische Strömungsmechanik bilden, haben die Inhalte auf der Grundlage ihrer herausragenden Erfahrung und ihrer umfangreichen beruflichen Laufbahn entwickelt, um den Studenten die besten Fähigkeiten und das umfassendste Wissen zu diesem Thema zu vermitteln.



“

Ein hervorragendes Team von Fachleuten auf diesem Gebiet hat dieses Programm über CFD entwickelt, um Ihnen eine einzigartige Gelegenheit für eine erfolgreiche berufliche Zukunft in diesem Sektor zu bieten"

Leitung



Dr. García Galache, José Pedro

- ♦ Entwicklungsingenieur für XFlow bei Dassault Systèmes
- ♦ Promotion in Luftfahrttechnik an der Polytechnischen Universität von Valencia
- ♦ Hochschulabschluss in Luftfahrttechnik an der Polytechnischen Universität von Valencia
- ♦ Masterstudiengang in Strömungsmechanikforschung am Von Kármán Institute for Fluid Dynamics
- ♦ Short Training Programme am Von-Kármán Institute for Fluid Dynamics

Professoren

Dr. Espinoza Vásquez, Daniel

- ♦ Beratender Luftfahrtingenieur bei Alten SAU
- ♦ Freiberuflicher Berater für CFD und Programmierung
- ♦ CFD-Spezialist bei Particle Analytics Limited
- ♦ Research Assistant an der Universität von Strathclyde
- ♦ Teaching Assistant in Strömungsmechanik an der Universität von Strathclyde
- ♦ Promotion in Luftfahrttechnik an der Universität von Strathclyde
- ♦ Masterstudiengang in numerischer Strömungsmechanik an der Cranfield University
- ♦ Hochschulabschluss in Luftfahrttechnik an der Polytechnischen Universität von Madrid

Hr. Mata Bueso, Enrique

- ♦ Leitender Ingenieur für thermische Konditionierung und Aerodynamik bei Siemens Gamesa
- ♦ Anwendungsingenieur und CFD FuE-Manager bei Dassault Systèmes
- ♦ Ingenieur für thermische Konditionierung und Aerodynamik bei Gamesa-Altran
- ♦ Ingenieur für Ermüdung und Schadenstoleranz bei Airbus-Atos
- ♦ FuE CFD-Ingenieur bei UPM
- ♦ Technischer Ingenieur für Luftfahrttechnik mit Spezialisierung auf Flugzeuge bei UPM
- ♦ Masterstudiengang in Luft- und Raumfahrttechnik am Königlichen Institut für Technologie in Stockholm



Fr. Pérez Tainta, Maider

- ◆ Ingenieurin für Zementfluidisierung bei Kemex Ingesoia
- ◆ Verfahreningenieurin bei JM Jauregui
- ◆ Forscherin für Wasserstoffverbrennung in Ikerlan
- ◆ Maschinenbauingenieur bei Idom
- ◆ Hochschulabschluss in Maschinenbau an der Universität des Baskenlandes
- ◆ Masterstudiengang in Maschinenbau
- ◆ Interuniversitärer Masterstudiengang in Strömungsmechanik
- ◆ Kurs in Python-Programmierung

“

Eine einzigartige, wichtige und entscheidende Fortbildungserfahrung, die Ihre berufliche Entwicklung fördert”

05

Struktur und Inhalt

Die Struktur und der Inhalt dieses Programms wurden von den renommierten Fachleuten entwickelt, die das Expertenteam für numerische Strömungsmechanik der TECH bilden. Der Lehrplan wurde mit Hilfe der effizientesten Lehrmethodik, *Relearning*, erstellt, die eine optimale Aufnahme der Inhalte durch die Studenten auf natürliche, agile und präzise Weise garantiert. All dies hat zu den vollständigsten und innovativsten theoretischen und praktischen Materialien auf dem akademischen Markt geführt.





“

Qualitativ hochwertige Inhalte, die von CFD-Experten entwickelt wurden, damit Sie Ihre ehrgeizigen Karriereziele als Ingenieur erreichen können“

Modul 1. Strömungsmechanik und Hochleistungsrechnen

- 1.1. Dynamik der numerischen Strömungsmechanik
 - 1.1.1. Der Ursprung der Turbulenz
 - 1.1.2. Die Notwendigkeit der Modellierung
 - 1.1.3. CFD-Arbeitsablauf
- 1.2. Die Gleichungen der Strömungsmechanik
 - 1.2.1. Die Kontinuitätsgleichung
 - 1.2.2. Die Navier-Stokes-Gleichung
 - 1.2.3. Die Energiegleichung
 - 1.2.4. Die über Reynolds gemittelten Gleichungen
- 1.3. Das Problem der schließenden Gleichungen
 - 1.3.1. Die Boussinesq-Hypothese
 - 1.3.2. Turbulente Viskosität in einem Spray
 - 1.3.3. Modellierung in CFD
- 1.4. Dimensionslose Zahlen und dynamische Ähnlichkeit
 - 1.4.1. Dimensionslose Zahlen in der Strömungsmechanik
 - 1.4.2. Das Prinzip der dynamischen Ähnlichkeit
 - 1.4.3. Praktisches Beispiel: Modellierung in Windkanälen
- 1.5. Turbulenz-Modellierung
 - 1.5.1. Direkte numerische Simulationen
 - 1.5.2. Large-Eddy-Simulationen
 - 1.5.3. RANS-Methoden
 - 1.5.4. Andere Methoden
- 1.6. Experimentelle Techniken
 - 1.6.1. PIV
 - 1.6.2. Heißer Draht
 - 1.6.3. Wind- und Wasserkanäle
- 1.7. Supercomputing-Umgebungen
 - 1.7.1. Das Supercomputing der Zukunft
 - 1.7.2. Der Betrieb eines Supercomputers
 - 1.7.3. Werkzeuge für die Nutzung

- 1.8. Software auf parallelen Architekturen
 - 1.8.1. Verteilte Umgebungen: MPI
 - 1.8.2. Gemeinsamer Speicher: GPU
 - 1.8.3. Datenaufzeichnung: HDF5
- 1.9. *Grid-Computing*
 - 1.9.1. Beschreibung von Computerfarmen
 - 1.9.2. Parametrische Probleme
 - 1.9.3. *Grid-Computing*-Warteschlangensysteme
- 1.10. GPUs, die Zukunft von CFD
 - 1.10.1. GPU-Umgebungen
 - 1.10.2. GPU-Programmierung
 - 1.10.3. Praktisches Beispiel: Künstliche Intelligenz in Flüssigkeiten mit GPUs

Modul 2. Fortgeschrittene Mathematik für CFD

- 2.1. Mathematische Grundlagen
 - 2.1.1. Gradienten, Divergenzen und Rotationen. Gesamtableitung
 - 2.1.2. Gewöhnliche Differentialgleichungen
 - 2.1.3. Partielle Ableitungsgleichungen
- 2.2. Statistik
 - 2.2.1. Mittelwerte und Momente
 - 2.2.2. Funktionen der Wahrscheinlichkeitsdichte
 - 2.2.3. Korrelation und Energiespektren
- 2.3. Starke und schwache Lösungen einer Differentialgleichung
 - 2.3.1. Basen von Funktionen. Starke und schwache Lösungen
 - 2.3.2. Die Finite-Volumen-Methode. Die Wärmegleichung
 - 2.3.3. Die Finite-Volumen-Methode. Navier-Stokes
- 2.4. Taylors Theorem und Diskretisierung in Zeit und Raum
 - 2.4.1. Finite Differenzen in 1 Dimension. Reihenfolge der Fehler
 - 2.4.2. Endliche Differenzen in 2 Dimensionen
 - 2.4.3. Von kontinuierlichen Gleichungen zu algebraischen Gleichungen
- 2.5. Algebraisches Lösen von Problemen, LU-Methode
 - 2.5.1. Methoden zum Lösen algebraischer Probleme
 - 2.5.2. Die LU-Methode bei gefüllten Matrizen
 - 2.5.3. Die LU-Methode bei spärlichen Matrizen

- 2.6. Lösen algebraischer Probleme, iterative Methoden I
 - 2.6.1. Iterative Methoden. Abfall
 - 2.6.2. Jacobi-Methode
 - 2.6.3. Verallgemeinerung der Jacobi-Methode
 - 2.7. Lösen algebraischer Probleme, iterative Methoden II
 - 2.7.1. Mehrgitterverfahren : V-Zyklus: Interpolation
 - 2.7.2. Mehrgitterverfahren: V-Zyklus: Extrapolation
 - 2.7.3. Mehrgitterverfahren: W-Zyklus
 - 2.7.4. Fehlerabschätzung
 - 2.8. Eigenwerte und Eigenvektoren
 - 2.8.1. Das algebraische Problem
 - 2.8.2. Anwendung auf die Wärmeleitung
 - 2.8.3. Stabilität von Differentialgleichungen
 - 2.9. Nichtlineare Evolutionsgleichungen
 - 2.9.1. Wärmeleitung: explizite Methoden
 - 2.9.2. Wärmeleitung: implizite Methoden
 - 2.9.3. Wärmeleitung: Runge-Kutta-Methoden
 - 2.10. Stationäre nichtlineare Gleichungen
 - 2.10.1. Newton-Raphson-Methode
 - 2.10.2. Anwendung in 1D
 - 2.10.3. Anwendung in 2D
- Modul 3. CFD in Forschungs- und Modellierungsumgebungen**
- 3.1. Forschung in Computergestützter Fluidodynamik (CFD)
 - 3.1.1. Herausforderungen bei Turbulenzen
 - 3.1.2. Fortschritte bei RANS
 - 3.1.3. Künstliche Intelligenz
 - 3.2. Finite Differenzen
 - 3.2.1. Darstellung und Anwendung auf ein 1D-Problem. Satz von Taylor
 - 3.2.2. Anwendung in 2D
 - 3.2.3. Randbedingungen
 - 3.3. Kompakte finite Differenzen
 - 3.3.1. Ziel Der SK Lele Artikel
 - 3.3.2. Gewinnung der Koeffizienten
 - 3.3.3. Anwendung auf ein 1D-Problem
 - 3.4. Die FourierTransformation
 - 3.4.1. Die Fourier-Transformation. Von Fourier bis zum heutigen Tag
 - 3.4.2. Das FFTW-Paket
 - 3.4.3. Cosinus-Transformation: Tchebycheff
 - 3.5. Spektrale Methoden
 - 3.5.1. Anwendung auf ein Flüssigkeitsproblem
 - 3.5.2. Pseudospektrale Methoden: Fourier + CFD
 - 3.5.3. Kollokationsmethoden
 - 3.6. Fortgeschrittene Zeitdiskretisierungsmethoden
 - 3.6.1. Die Adams-Bamsford-Methode
 - 3.6.2. Die Crack-Nicholson-Methode
 - 3.6.3. Runge-Kutta
 - 3.7. Strukturen in der Turbulenz
 - 3.7.1. Der Wirbel
 - 3.7.2. Der Lebenszyklus einer turbulenten Struktur
 - 3.7.3. Techniken zur Visualisierung
 - 3.8. Die Methode der Merkmale
 - 3.8.1. Kompressible Flüssigkeiten
 - 3.8.2. Anwendung: eine brechende Welle
 - 3.8.3. Anwendung: die Burgersgleichung
 - 3.9. CFD und Supercomputing
 - 3.9.1. Das Speicherproblem und die Entwicklung der Computer
 - 3.9.2. Parallelisierungstechniken
 - 3.9.3. Domänen-Zerlegung
 - 3.10. Offene Probleme in der Turbulenz
 - 3.10.1. Modellierung und die Von-Kármán-Konstante
 - 3.10.2. Aerodynamik: Grenzschichten
 - 3.10.3. Lärm bei CFD-Problemen

Modul 4. CFD in Anwendungsumgebungen: Finite-Volumen-Methode

- 4.1. Finite-Volumen-Methode
 - 4.1.1. Definitionen in FVM
 - 4.1.2. Historischer Hintergrund
 - 4.1.3. FVM in Strukturen
- 4.2. Quellbegriffe
 - 4.2.1. Externe volumetrische Kräfte
 - 4.2.1.1. Schwerkraft, Zentrifugalkraft
 - 4.2.2. Volumetrische (Masse) und druckbedingte (Verdampfung, Kavitation, chemische) Quellbegriffe
 - 4.2.3. Skalärer Quellterm
 - 4.2.3.1. Temperatur und Spezies
- 4.3. Anwendungen von Randbedingungen
 - 4.3.1. Inputs und Outputs
 - 4.3.2. Symmetriebedingung
 - 4.3.3. Wandbedingung
 - 4.3.3.1. Auferlegte Werte
 - 4.3.3.2. Werte, die durch parallele Berechnung zu lösen sind
 - 4.3.3.3. Wandmodelle
- 4.4. Randbedingungen
 - 4.4.1. Bekannte Randbedingungen: Dirichlet
 - 4.4.1.1. Skalare
 - 4.4.1.2. Krankheiten
 - 4.4.2. Randbedingungen mit bekannter Ableitung: Neumann
 - 4.4.2.1. Null-Gradient
 - 4.4.2.2. Finiten Gradient
 - 4.4.3. Zyklische Randbedingungen: Born-von Kármán
 - 4.4.4. Andere Randbedingungen: Robin
- 4.5. Zeitliche Integration
 - 4.5.1. Explizite und implizite Euler
 - 4.5.2. Lax-Wendroff-Zeitschritt und Varianten (Richtmyer und MacCormack)
 - 4.5.3. Runge-Kutta mehrstufiger Zeitschritt

- 4.6. Upwind-Schemata
 - 4.6.1. Riemann-Problem
 - 4.6.2. Die wichtigsten Upwind-Schemata: MUSCL, Van Leer, Roe, AUSM
 - 4.6.3. Entwurf eines räumlichen Upwind-Schematas
- 4.7. Schemata hoher Ordnung
 - 4.7.1. Diskontinuierliches Galerkin hoher Ordnung
 - 4.7.2. ENO und WENO
 - 4.7.3. Schemata hoher Ordnung. Vor- und Nachteile
- 4.8. Druck-Geschwindigkeits-Konvergenzschleife
 - 4.8.1. PISO
 - 4.8.2. SIMPLE, SIMPLER und SIMPLEC
 - 4.8.3. PIMPLE
 - 4.8.4. Transiente Schleifen
- 4.9. Bewegliche Konturen
 - 4.9.1. Overlocking-Techniken
 - 4.9.2. Mapping: Bewegtes Referenzsystem
 - 4.9.3. *Immersed Boundary Method*
 - 4.9.4. Überlappende Netze
- 4.10. Fehler und Ungewissheiten bei der CFD-Modellierung
 - 4.10.1. Präzision und Genauigkeit
 - 4.10.2. Numerische Fehler
 - 4.10.3. Input- und physikalische Modellunsicherheiten

Modul 5. Fortgeschrittene Methoden für CFD

- 5.1. Finite-Elemente-Methode (FEM)
 - 5.1.1. Diskretisierung des Bereichs. Das finite Element
 - 5.1.2. Die Formfunktionen. Rekonstruktion des kontinuierlichen Feldes
 - 5.1.3. Zusammenstellung der Koeffizientenmatrix und der Randbedingungen
 - 5.1.4. Lösen des Gleichungssystems
- 5.2. FEM: Fallstudie. Entwicklung eines FEM-Simulators
 - 5.2.1. Form-Funktionen
 - 5.2.2. Zusammenstellung der Koeffizientenmatrix und Anwendung von Randbedingungen
 - 5.2.3. Lösen des Gleichungssystems
 - 5.2.4. Nachbearbeitung

- 5.3. Geglättete Partikelhydrodynamik (SPH)
 - 5.3.1. Abbildung des Fluidfeldes aus Partikelwerten
 - 5.3.2. Auswertung von Ableitungen und Partikelinteraktion
 - 5.3.3. Die Glättungsfunktion. Der *Kernel*
 - 5.3.4. Randbedingungen
- 5.4. SPH: Entwicklung eines SPH-basierten Simulators
 - 5.4.1. Der Kernel
 - 5.4.2. Speicherung und Sortierung von Partikeln in Voxeln
 - 5.4.3. Entwicklung von Randbedingungen
 - 5.4.4. Nachbearbeitung
- 5.5. Direkte Simulation Monte Carlo (DSMC)
 - 5.5.1. Kinetisch-molekulare Theorie
 - 5.5.2. Statistische Mechanik
 - 5.5.3. Molekulares Gleichgewicht
- 5.6. DSMC: Methodik
 - 5.6.1. Anwendbarkeit der DSMC-Methode
 - 5.6.2. Modellierung
 - 5.6.3. Überlegungen zur Anwendbarkeit der Methode
- 5.7. DSMC: Anwendungen
 - 5.7.1. Beispiel in 0-D: thermische Entspannung
 - 5.7.2. Beispiel in 1-D: normale Stoßwelle
 - 5.7.3. Beispiel in 2-D: Überschall-Zylinder
 - 5.7.4. Beispiel in 3-D: Überschall-Ecke
 - 5.7.5. Komplexes Beispiel: Space Shuttle
- 5.8. Lattice-Boltzmann-Methode (LBM)
 - 5.8.1. Boltzmann-Gleichung und Gleichgewichtsverteilung
 - 5.8.2. Boltzmann zu Navier-Stokes. Chapman-Enskog Erweiterung
 - 5.8.3. Von der probabilistischen Verteilung zur physikalischen Größe
 - 5.8.4. Umrechnung von Einheiten. Von physikalischen Größen zu Gittergrößen
- 5.9. LBM: numerische Approximation
 - 5.9.1. Der LBM-Algorithmus. Transferschritt und Kollisionsschritt
 - 5.9.2. Kollisionsoperatoren und Normalisierung der Momente
 - 5.9.3. Randbedingungen

- 5.10. LBM: Fallstudie
 - 5.10.1. Entwicklung eines LBM-basierten Simulators
 - 5.10.2. Experimentieren mit verschiedenen Kollisionsoperatoren
 - 5.10.3. Experimentieren mit verschiedenen Turbulenzmodellen

Modul 6. Modellierung von Turbulenzen in Fluiden

- 6.1. Turbulenzen. Die wichtigsten Merkmale
 - 6.1.1. Dissipation und Diffusivität
 - 6.1.2. Charakteristische Skalen. Größenordnungen
 - 6.1.3. Reynoldszahlen
- 6.2. Definitionen der Turbulenz. Von Reynolds bis zum heutigen Tag
 - 6.2.1. Das Reynolds-Problem. Die Grenzschicht
 - 6.2.2. Meteorologie, Richardson und Smagorinsky
 - 6.2.3. Das Chaos-Problem
- 6.3. Die Energiekaskade
 - 6.3.1. Die kleinsten Skalen der Turbulenz
 - 6.3.2. Die Kolmogorow-Hypothesen
 - 6.3.3. Der Kaskadenexponent
- 6.4. Das Schließungsproblem erneut aufgegriffen
 - 6.4.1. 10 Unbekannte und 4 Gleichungen
 - 6.4.2. Die Gleichung der turbulenten kinetischen Energie
 - 6.4.3. Der Turbulenzzyklus
- 6.5. Turbulente Viskosität
 - 6.5.1. Historischer Hintergrund und Parallelen
 - 6.5.2. Einleitungsproblem: Strahlen
 - 6.5.3. Turbulente Viskosität in CFD-Problemen
- 6.6. RANS-Methoden
 - 6.6.1. Die Hypothese der turbulenten Viskosität
 - 6.6.2. Die RANS-Gleichungen
 - 6.6.3. RANS-Methoden. Beispiele für die Verwendung
- 6.7. Die Entwicklung von LES
 - 6.7.1. Historischer Hintergrund
 - 6.7.2. Spektrale Filter
 - 6.7.3. Räumliche Filter. Das Problem an der Wand

- 6.8. Wandturbulenzen I
 - 6.8.1. Charakteristische Skalen
 - 6.8.2. Die Impulsgleichungen
 - 6.8.3. Die Regionen einer turbulenten Wandströmung
- 6.9. Wandturbulenzen II
 - 6.9.1. Grenzschichten
 - 6.9.2. Dimensionslose Zahlen einer Grenzschicht
 - 6.9.3. Die Blasius-Lösung
- 6.10. Die Energiegleichung
 - 6.10.1. Passive Skalare
 - 6.10.2. Aktive Skalare. Die Bousinesq-Approximation
 - 6.10.3. Fanno und Rayleigh Strömungen

Modul 7. Kompressible Flüssigkeiten

- 7.1. Kompressible Flüssigkeiten
 - 7.1.1. Kompressible und inkompressible Flüssigkeiten. Unterschiede
 - 7.1.2. Gleichung des Zustands
 - 7.1.3. Differentialgleichungen für kompressible Flüssigkeiten
- 7.2. Praktische Beispiele für das kompressible Regime
 - 7.2.1. Stoßwellen
 - 7.2.2. Prandtl-Meyer-Expansion
 - 7.2.3. Düsen
- 7.3. Riemann-Problem
 - 7.3.1. Das Riemannsche Problem
 - 7.3.2. Lösung des Riemanschen Problems durch Eigenschaften
 - 7.3.3. Nichtlineare Systeme: Stoßwellen Rankine-Hugoniot-Bedingung
 - 7.3.4. Nichtlineare Systeme: Wellen und Expansionsfächer. Entropie-Bedingung
 - 7.3.5. Riemannsche Invarianten
- 7.4. Euler-Gleichungen
 - 7.4.1. Invarianten der Euler-Gleichungen
 - 7.4.2. Konservative vs. primitive Variablen
 - 7.4.3. Lösungsstrategien



- 7.5. Lösungen für das Riemann-Problem
 - 7.5.1. Exakte Lösung
 - 7.5.2. Konservative numerische Methoden
 - 7.5.3. Godunovs Methode
 - 7.5.4. Flussvektor-Splitting
- 7.6. Näherungsweise Riemann-Löser
 - 7.6.1. HLLC
 - 7.6.2. Roe
 - 7.6.3. AUSM
- 7.7. Methoden höherer Ordnung
 - 7.7.1. Probleme von Methoden höherer Ordnung
 - 7.7.2. *Limiters* und TVD-Methoden
 - 7.7.3. Praktische Beispiele
- 7.8. Zusätzliche Aspekte des Riemannschen Problems
 - 7.8.1. Nichthomogene Gleichungen
 - 7.8.2. Dimensionales *Splitting*
 - 7.8.3. Anwendungen der Navier-Stokes-Gleichungen
- 7.9. Regionen mit hohen Gradienten und Diskontinuitäten
 - 7.9.1. Bedeutung der Vernetzung
 - 7.9.2. Automatische Netzanpassung (AMR)
 - 7.9.3. *Shock-Fitting*-Methoden
- 7.10. Anwendungen für kompressible Strömungen
 - 7.10.1. Sod's Problem
 - 7.10.2. Überschall-Keil
 - 7.10.3. Konvergent-divergente Düse

Modul 8. Mehrphasenströmung

- 8.1. Strömungsregime
 - 8.1.1. Kontinuierliche Phase
 - 8.1.2. Diskrete Phase
 - 8.1.3. Populationen in der diskreten Phase
- 8.2. Kontinuierliche Phasen
 - 8.2.1. Eigenschaften der Flüssigkeits-Gas-Grenzfläche
 - 8.2.2. Jede Phase eine Domäne
 - 8.2.2.1. Unabhängige Auflösung der Phasen
 - 8.2.3. Gekoppelte Lösung
 - 8.2.3.1. Fluidanteil als beschreibender Phasenskalar
 - 8.2.4. Rekonstruktion der Flüssigkeits-Gas-Grenzfläche
- 8.3. Simulation des Meeres
 - 8.3.1. Wellenregime. Wellenhöhe vs. Tiefe
 - 8.3.2. Einlass-Randbedingung. Wellen-Simulation
 - 8.3.3. Nichtreflektierende ausgehende Randbedingung. Der numerische Strand
 - 8.3.4. Seitliche Randbedingungen. Seitlicher Wind und Drift
- 8.4. Oberflächenspannung
 - 8.4.1. Physikalisches Phänomen der Oberflächenspannung
 - 8.4.2. Modellierung
 - 8.4.3. Interaktion mit Oberflächen. Winkel der Benetzung
- 8.5. Phasenwechsel
 - 8.5.1. Quellen- und Senkenbegriffe im Zusammenhang mit Phasenwechsel
 - 8.5.2. Modelle für Verdunstung
 - 8.5.3. Modelle für Kondensation und Niederschlag. Nukleation von Tröpfchen
 - 8.5.4. Kavitation
- 8.6. Diskrete Phase: Partikel, Tröpfchen und Blasen
 - 8.6.1. Die Resistive Kraft
 - 8.6.2. Die Auftriebskraft
 - 8.6.3. Trägheit
 - 8.6.4. Brownsche Bewegung und Turbulenzeffekte
 - 8.6.5. Andere Kräfte

- 8.7. Interaktion mit der umgebenden Flüssigkeit
 - 8.7.1. Erzeugung aus der kontinuierlichen Phase
 - 8.7.2. Aerodynamischer Luftwiderstand
 - 8.7.3. Wechselwirkung mit anderen Entitäten, Koaleszenz und Aufbrechen
 - 8.7.4. Randbedingungen
- 8.8. Statistische Beschreibung von Partikelpopulationen. Pakete
 - 8.8.1. Populations-Transport
 - 8.8.2. Populationsbezogene Randbedingungen
 - 8.8.3. Wechselwirkungen zwischen Populationen
 - 8.8.4. Ausdehnung der diskreten Phase auf Populationen
- 8.9. Wasserfilm
 - 8.9.1. Hypothese des Wasserfilms
 - 8.9.2. Gleichungen und Modellierung
 - 8.9.3. Quellterm aus Partikeln
- 8.10. Beispiel für eine Anwendung mit OpenFOAM
 - 8.10.1. Beschreibung eines industriellen Problems
 - 8.10.2. *Setup* und Simulation
 - 8.10.3. Visualisierung und Interpretation der Ergebnisse

Modul 9. Fortgeschrittene CFD-Modelle

- 9.1. Multiphysik
 - 9.1.1. Multiphysik-Simulationen
 - 9.1.2. Arten von Systemen
 - 9.1.3. Beispiele für die Anwendung
- 9.2. Unidirektionale Kosimulation
 - 9.2.1. Unidirektionale Kosimulation. Fortgeschrittene Aspekte
 - 9.2.2. Schemata für den Informationsaustausch
 - 9.2.3. Anwendungen
- 9.3. Bidirektionale Kosimulation
 - 9.3.1. Bidirektionale Kosimulation. Fortgeschrittene Aspekte
 - 9.3.2. Schemata für den Informationsaustausch
 - 9.3.3. Anwendungen
- 9.4. Wärmeübertragung durch Konvektion
 - 9.4.1. Wärmeübertragung durch Konvektion. Fortgeschrittene Aspekte
 - 9.4.2. Gleichungen zur Wärmeübertragung durch Konvektion
 - 9.4.3. Methoden zum Lösen konvektiver Probleme
- 9.5. Wärmeübertragung durch Konduktion
 - 9.5.1. Wärmeübertragung durch Konduktion. Fortgeschrittene Aspekte
 - 9.5.2. Gleichungen zur Wärmeübertragung durch Konduktion
 - 9.5.3. Methoden zur Lösung von Konduktionsproblemen
- 9.6. Wärmeübertragung durch Strahlung
 - 9.6.1. Wärmeübertragung durch Strahlung. Fortgeschrittene Aspekte
 - 9.6.2. Gleichungen der Wärmeübertragung durch Strahlung
 - 9.6.3. Methoden zur Lösung von Strahlungsproblemen
- 9.7. Festkörper-Fluid-Wärme-Kopplung
 - 9.7.1. Festkörper-Fluid-Wärme-Kopplung
 - 9.7.2. Thermische Fest-Flüssig-Kopplung
 - 9.7.3. CFD und FEM
- 9.8. Aeroakustik
 - 9.8.1. Computergestützte Aeroakustik
 - 9.8.2. Akustische Analogien
 - 9.8.3. Auflösungsmethoden
- 9.9. Advektions-Diffusions-Probleme
 - 9.9.1. Advektions-Diffusions-Probleme
 - 9.9.2. Skalare Felder
 - 9.9.3. Partikel-Methoden
- 9.10. Kopplungsmodelle mit reaktiver Strömung
 - 9.10.1. Kopplungsmodelle mit reaktiver Strömung. Anwendungen
 - 9.10.2. System von Differentialgleichungen. Lösen der chemischen Reaktion
 - 9.10.3. CHEMKIN
 - 9.10.4. Verbrennung: Flamme, Funken und Wobbe-Index
 - 9.10.5. Reaktive Strömungen im nichtstationären Bereich: Quasistationäre Systemhypothese
 - 9.10.6. Reaktive Ströme in turbulenten Strömungen
 - 9.10.7. Katalysatoren

Modul 10. Nachbearbeitung, Validierung und Anwendung in CFD

- 10.1. Nachbearbeitung in CFD I
 - 10.1.1. Nachbearbeitung auf Ebenen und Oberflächen
 - 10.1.1.1. Nachbearbeitung in der Ebene
 - 10.1.1.2. Nachbearbeitung auf Oberflächen
- 10.2. Nachbearbeitung in CFD II
 - 10.2.1. Volumetrisches Nachbearbeiten
 - 10.2.1.1. Volumetrisches Nachbearbeiten I
 - 10.2.1.2. Volumetrisches Nachbearbeiten II
- 10.3. Freie Nachbearbeitungssoftware für CFD
 - 10.3.1. Freie Nachbearbeitungssoftware
 - 10.3.2. ParaView
 - 10.3.3. Beispiel für die Verwendung von ParaView
- 10.4. Konvergenz der Simulationen
 - 10.4.1. Konvergenz
 - 10.4.2. Mesh-Konvergenz
 - 10.4.3. Numerische Konvergenz
- 10.5. Klassifizierung der Methoden
 - 10.5.1. Anwendungen
 - 10.5.2. Arten von Flüssigkeiten
 - 10.5.3. Skalen
 - 10.5.4. Rechenmaschinen
- 10.6. Modell-Validierung
 - 10.6.1. Notwendigkeit der Validierung
 - 10.6.2. Simulation vs. Experimente
 - 10.6.3. Beispiele für Validierung
- 10.7. Simulationsmethoden. Vor- und Nachteile
 - 10.7.1. RANS
 - 10.7.2. LES, DES und DNS
 - 10.7.3. Andere Methoden
 - 10.7.4. Vor- und Nachteile
- 10.8. Beispiele für Methoden und Anwendungen
 - 10.8.1. Fall eines Körpers, der aerodynamischen Kräften ausgesetzt ist
 - 10.8.2. Thermischer Fall
 - 10.8.3. Mehrphasiger Fall
- 10.9. Bewährte Praktiken der Simulation
 - 10.9.1. Bedeutung bewährter Praktiken
 - 10.9.2. Bewährte Verfahren
 - 10.9.3. Fehler bei der Simulation
- 10.10. Kommerzielle und freie Software
 - 10.10.1. FVM-Software
 - 10.10.2. Software für andere Methoden
 - 10.10.3. Vor- und Nachteile
 - 10.10.4. Zukunft der CFD-Simulation



Qualitativ hochwertige Inhalte, die von CFD-Experten entwickelt wurden, damit Sie Ihre ehrgeizigen Karriereziele als Ingenieur erreichen können“

05

Studienmethodik

TECH ist die erste Universität der Welt, die die Methodik der **case studies** mit **Relearning** kombiniert, einem 100%igen Online-Lernsystem, das auf geführten Wiederholungen basiert.

Diese disruptive pädagogische Strategie wurde entwickelt, um Fachleuten die Möglichkeit zu bieten, ihr Wissen zu aktualisieren und ihre Fähigkeiten auf intensive und gründliche Weise zu entwickeln. Ein Lernmodell, das den Studenten in den Mittelpunkt des akademischen Prozesses stellt und ihm die Hauptrolle zuweist, indem es sich an seine Bedürfnisse anpasst und die herkömmlichen Methoden beiseite lässt.



“

TECH bereitet Sie darauf vor, sich neuen Herausforderungen in einem unsicheren Umfeld zu stellen und in Ihrer Karriere erfolgreich zu sein“

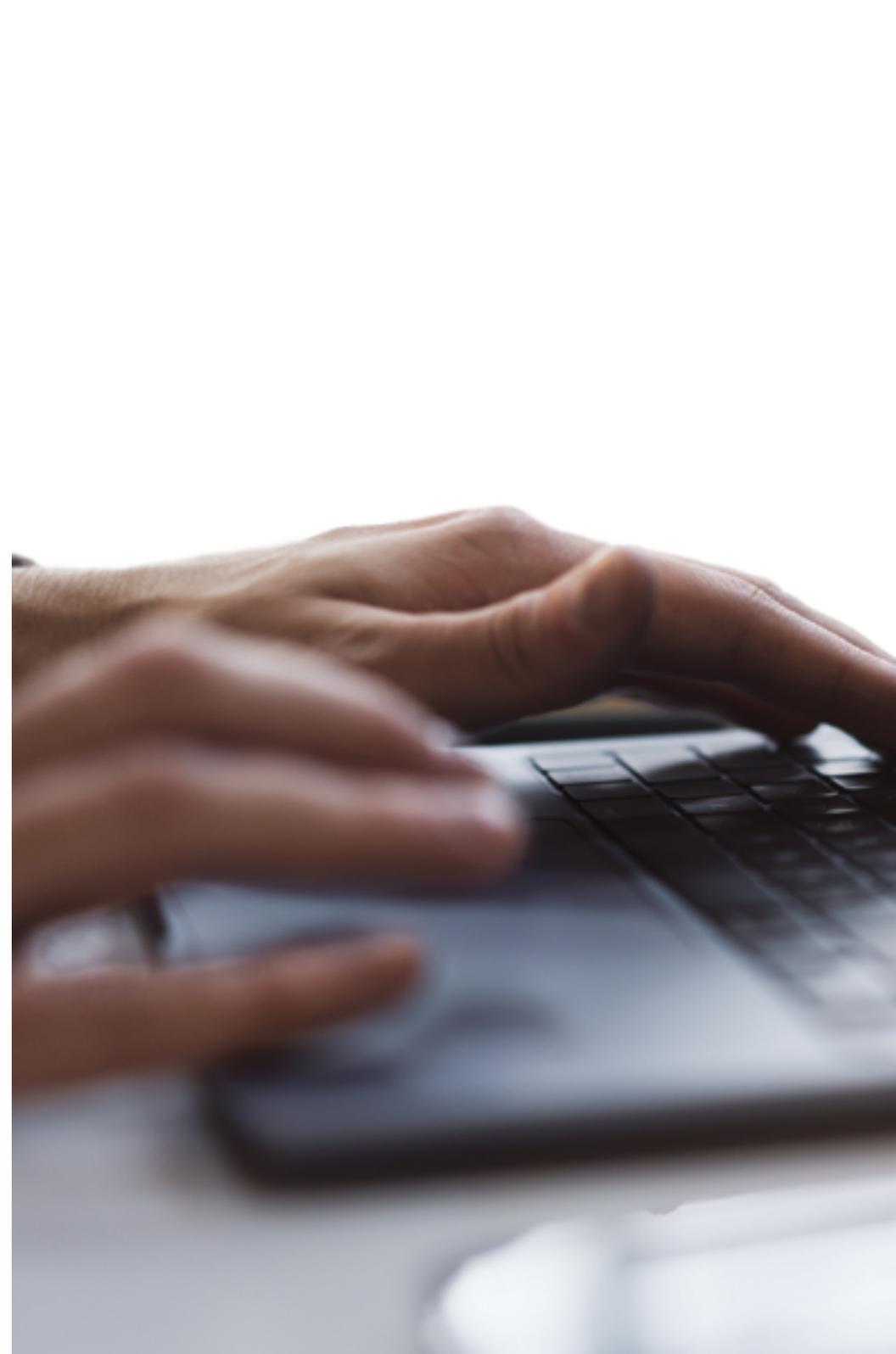
Der Student: die Priorität aller Programme von TECH

Bei der Studienmethodik von TECH steht der Student im Mittelpunkt. Die pädagogischen Instrumente jedes Programms wurden unter Berücksichtigung der Anforderungen an Zeit, Verfügbarkeit und akademische Genauigkeit ausgewählt, die heutzutage nicht nur von den Studenten, sondern auch von den am stärksten umkämpften Stellen auf dem Markt verlangt werden.

Beim asynchronen Bildungsmodell von TECH entscheidet der Student selbst, wie viel Zeit er mit dem Lernen verbringt und wie er seinen Tagesablauf gestaltet, und das alles bequem von einem elektronischen Gerät seiner Wahl aus. Der Student muss nicht an Präsenzveranstaltungen teilnehmen, die er oft nicht wahrnehmen kann. Die Lernaktivitäten werden nach eigenem Ermessen durchgeführt. Er kann jederzeit entscheiden, wann und von wo aus er lernen möchte.



*Bei TECH gibt es KEINE Präsenzveranstaltungen
(an denen man nie teilnehmen kann)“*



Die international umfassendsten Lehrpläne

TECH zeichnet sich dadurch aus, dass sie die umfassendsten Studiengänge im universitären Umfeld anbietet. Dieser Umfang wird durch die Erstellung von Lehrplänen erreicht, die nicht nur die wesentlichen Kenntnisse, sondern auch die neuesten Innovationen in jedem Bereich abdecken.

Durch ihre ständige Aktualisierung ermöglichen diese Programme den Studenten, mit den Veränderungen des Marktes Schritt zu halten und die von den Arbeitgebern am meisten geschätzten Fähigkeiten zu erwerben. Auf diese Weise erhalten die Studenten, die ihr Studium bei TECH absolvieren, eine umfassende Vorbereitung, die ihnen einen bedeutenden Wettbewerbsvorteil verschafft, um in ihrer beruflichen Laufbahn voranzukommen.

Und das von jedem Gerät aus, ob PC, Tablet oder Smartphone.

“

Das Modell der TECH ist asynchron, d. h. Sie können an Ihrem PC, Tablet oder Smartphone studieren, wo immer Sie wollen, wann immer Sie wollen und so lange Sie wollen“

Case studies oder Fallmethode

Die Fallmethode ist das am weitesten verbreitete Lernsystem an den besten Wirtschaftshochschulen der Welt. Sie wurde 1912 entwickelt, damit Studenten der Rechtswissenschaften das Recht nicht nur auf der Grundlage theoretischer Inhalte erlernten, sondern auch mit realen komplexen Situationen konfrontiert wurden. Auf diese Weise konnten sie fundierte Entscheidungen treffen und Werturteile darüber fällen, wie diese zu lösen sind. Sie wurde 1924 als Standardlehrmethode in Harvard etabliert.

Bei diesem Lehrmodell ist es der Student selbst, der durch Strategien wie *Learning by doing* oder *Design Thinking*, die von anderen renommierten Einrichtungen wie Yale oder Stanford angewandt werden, seine berufliche Kompetenz aufbaut.

Diese handlungsorientierte Methode wird während des gesamten Studiengangs angewandt, den der Student bei TECH absolviert. Auf diese Weise wird er mit zahlreichen realen Situationen konfrontiert und muss Wissen integrieren, recherchieren, argumentieren und seine Ideen und Entscheidungen verteidigen. All dies unter der Prämisse, eine Antwort auf die Frage zu finden, wie er sich verhalten würde, wenn er in seiner täglichen Arbeit mit spezifischen, komplexen Ereignissen konfrontiert würde.



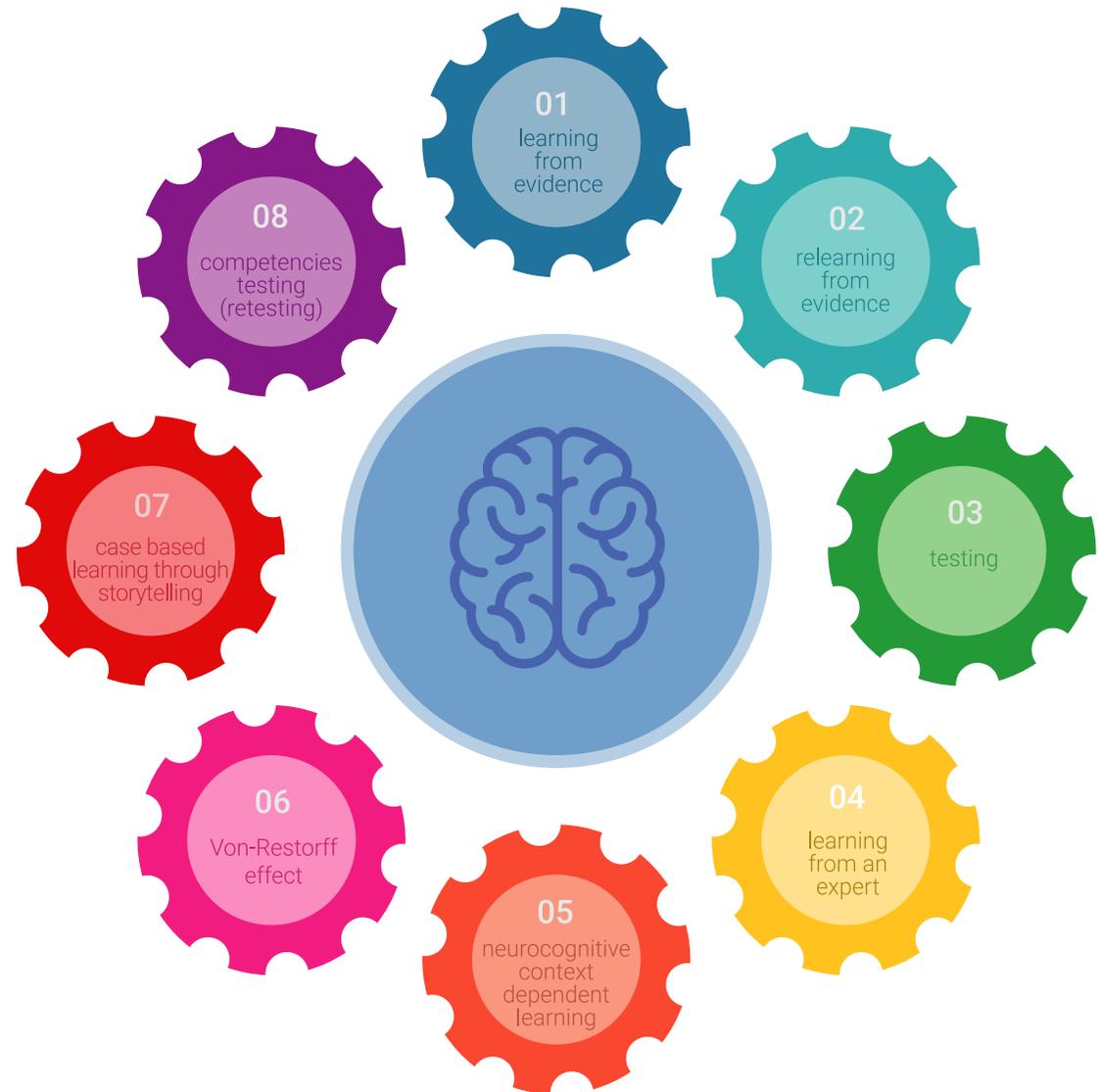
Relearning-Methode

Bei TECH werden die *case studies* mit der besten 100%igen Online-Lernmethode ergänzt: *Relearning*.

Diese Methode bricht mit traditionellen Lehrmethoden, um den Studenten in den Mittelpunkt zu stellen und ihm die besten Inhalte in verschiedenen Formaten zu vermitteln. Auf diese Weise kann er die wichtigsten Konzepte der einzelnen Fächer wiederholen und lernen, sie in einem realen Umfeld anzuwenden.

In diesem Sinne und gemäß zahlreicher wissenschaftlicher Untersuchungen ist die Wiederholung der beste Weg, um zu lernen. Aus diesem Grund bietet TECH zwischen 8 und 16 Wiederholungen jedes zentralen Konzepts innerhalb ein und derselben Lektion, die auf unterschiedliche Weise präsentiert werden, um sicherzustellen, dass das Wissen während des Lernprozesses vollständig gefestigt wird.

Das Relearning ermöglicht es Ihnen, mit weniger Aufwand und mehr Leistung zu lernen, sich mehr auf Ihre Spezialisierung einzulassen, einen kritischen Geist zu entwickeln, Argumente zu verteidigen und Meinungen zu kontrastieren: eine direkte Gleichung zum Erfolg.



Ein 100%iger virtueller Online-Campus mit den besten didaktischen Ressourcen

Um seine Methodik wirksam anzuwenden, konzentriert sich TECH darauf, den Studenten Lehrmaterial in verschiedenen Formaten zur Verfügung zu stellen: Texte, interaktive Videos, Illustrationen und Wissenskarten, um nur einige zu nennen. Sie alle werden von qualifizierten Lehrkräften entwickelt, die ihre Arbeit darauf ausrichten, reale Fälle mit der Lösung komplexer Situationen durch Simulationen, dem Studium von Zusammenhängen, die für jede berufliche Laufbahn gelten, und dem Lernen durch Wiederholung mittels Audios, Präsentationen, Animationen, Bildern usw. zu verbinden.

Die neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse auf dem Gebiet der Neurowissenschaften weisen darauf hin, dass es wichtig ist, den Ort und den Kontext, in dem der Inhalt abgerufen wird, zu berücksichtigen, bevor ein neuer Lernprozess beginnt. Die Möglichkeit, diese Variablen individuell anzupassen, hilft den Menschen, sich zu erinnern und Wissen im Hippocampus zu speichern, um es langfristig zu behalten. Dies ist ein Modell, das als *Neurocognitive context-dependent e-learning* bezeichnet wird und in diesem Hochschulstudium bewusst angewendet wird.

Zum anderen, auch um den Kontakt zwischen Mentor und Student so weit wie möglich zu begünstigen, wird eine breite Palette von Kommunikationsmöglichkeiten angeboten, sowohl in Echtzeit als auch zeitversetzt (internes Messaging, Diskussionsforen, Telefondienst, E-Mail-Kontakt mit dem technischen Sekretariat, Chat und Videokonferenzen).

Darüber hinaus wird dieser sehr vollständige virtuelle Campus den Studenten der TECH die Möglichkeit geben, ihre Studienzeiten entsprechend ihrer persönlichen Verfügbarkeit oder ihren beruflichen Verpflichtungen zu organisieren. Auf diese Weise haben sie eine globale Kontrolle über die akademischen Inhalte und ihre didaktischen Hilfsmittel, in Übereinstimmung mit ihrer beschleunigten beruflichen Weiterbildung.



Der Online-Studienmodus dieses Programms wird es Ihnen ermöglichen, Ihre Zeit und Ihr Lerntempo zu organisieren und an Ihren Zeitplan anzupassen“

Die Wirksamkeit der Methode wird durch vier Schlüsselergebnisse belegt:

1. Studenten, die diese Methode anwenden, nehmen nicht nur Konzepte auf, sondern entwickeln auch ihre geistigen Fähigkeiten durch Übungen zur Bewertung realer Situationen und zur Anwendung ihres Wissens.
2. Das Lernen basiert auf praktischen Fähigkeiten, die es den Studenten ermöglichen, sich besser in die reale Welt zu integrieren.
3. Eine einfachere und effizientere Aufnahme von Ideen und Konzepten wird durch die Verwendung von Situationen erreicht, die aus der Realität entstanden sind.
4. Das Gefühl der Effizienz der investierten Anstrengung wird zu einem sehr wichtigen Anreiz für die Studenten, was sich in einem größeren Interesse am Lernen und einer Steigerung der Zeit, die für die Arbeit am Kurs aufgewendet wird, niederschlägt.

Die von ihren Studenten am besten bewertete Hochschulmethodik

Die Ergebnisse dieses innovativen akademischen Modells lassen sich an der Gesamtzufriedenheit der Absolventen der TECH ablesen.

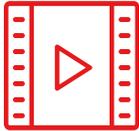
Die Studenten bewerten die Qualität der Lehre, die Qualität der Materialien, die Kursstruktur und die Ziele als hervorragend. So überrascht es nicht, dass die Einrichtung von ihren Studenten auf der Bewertungsplattform Trustpilot mit 4,9 von 5 Punkten am besten bewertet wurde.

Sie können von jedem Gerät mit Internetanschluss (Computer, Tablet, Smartphone) auf die Studieninhalte zugreifen, da TECH in Sachen Technologie und Pädagogik führend ist.

Sie werden die Vorteile des Zugangs zu simulierten Lernumgebungen und des Lernens durch Beobachtung, d. h. Learning from an expert, nutzen können.



In diesem Programm stehen Ihnen die besten Lehrmaterialien zur Verfügung, die sorgfältig vorbereitet wurden:



Studienmaterial

Alle didaktischen Inhalte werden von den Fachkräfte, die den Kurs unterrichten werden, speziell für den Kurs erstellt, so dass die didaktische Entwicklung wirklich spezifisch und konkret ist.

Diese Inhalte werden dann auf ein audiovisuelles Format übertragen, das unsere Online-Arbeitsweise mit den neuesten Techniken ermöglicht, die es uns erlauben, Ihnen eine hohe Qualität in jedem der Stücke zu bieten, die wir Ihnen zur Verfügung stellen werden.



Übungen für Fertigkeiten und Kompetenzen

Sie werden Aktivitäten durchführen, um spezifische Kompetenzen und Fertigkeiten in jedem Fachbereich zu entwickeln. Übungen und Aktivitäten zum Erwerb und zur Entwicklung der Fähigkeiten und Fertigkeiten, die ein Spezialist im Rahmen der Globalisierung, in der wir leben, entwickeln muss.



Interaktive Zusammenfassungen

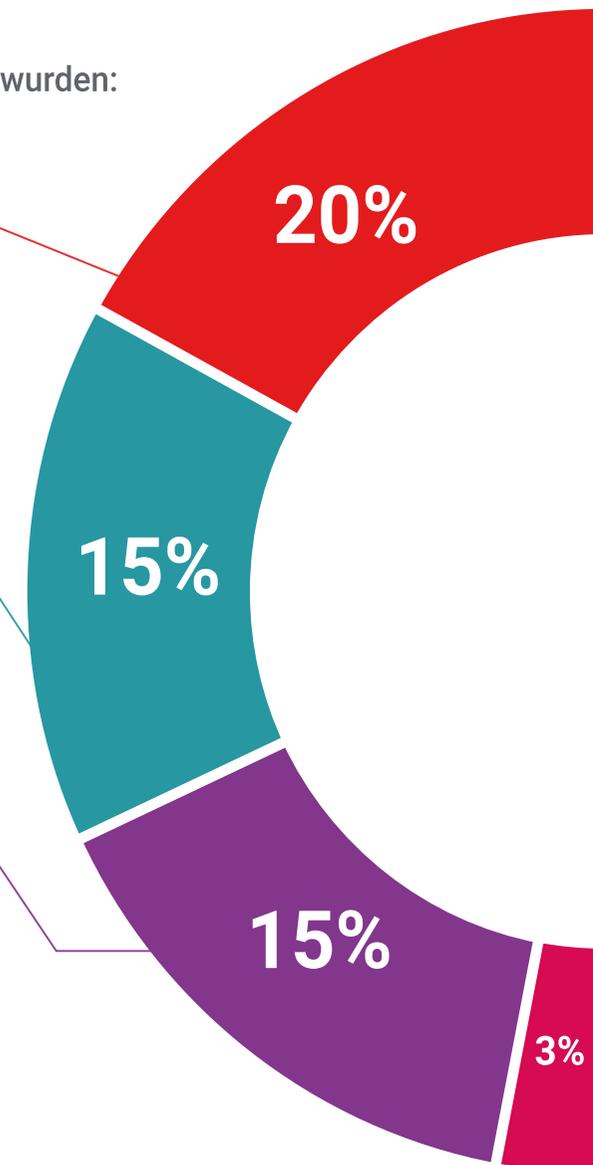
Wir präsentieren die Inhalte auf attraktive und dynamische Weise in multimedialen Pillen, Audios, Videos, Bilder, Diagramme und konzeptionelle Karten enthalten, um das Wissen zu festigen.

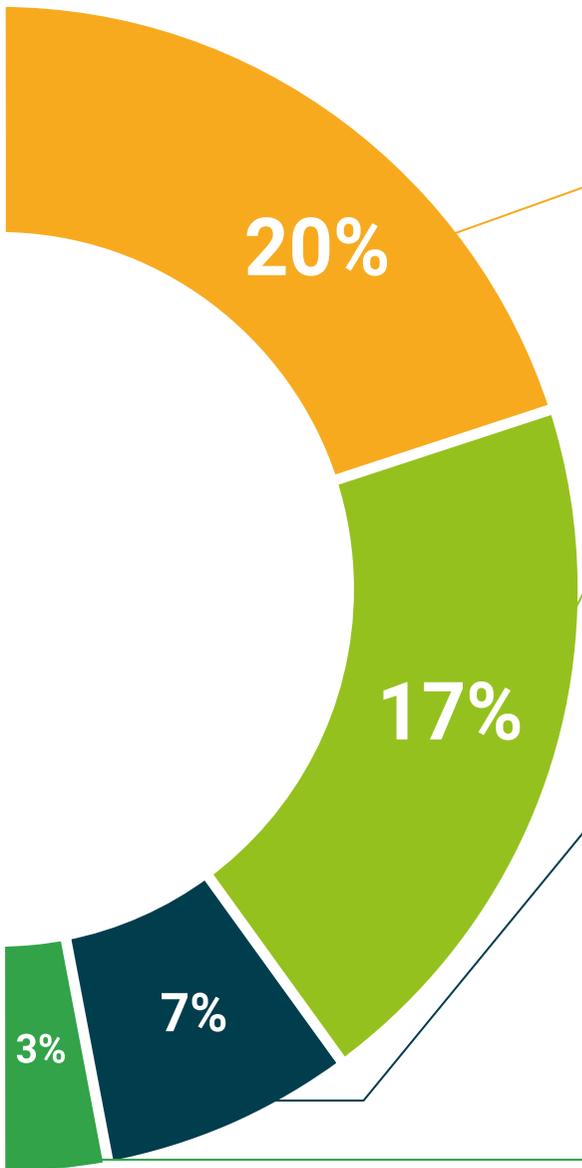
Dieses einzigartige System für die Präsentation multimedialer Inhalte wurde von Microsoft als „Europäische Erfolgsgeschichte“ ausgezeichnet.



Weitere Lektüren

Aktuelle Artikel, Konsensdokumente, internationale Leitfäden... In unserer virtuellen Bibliothek haben Sie Zugang zu allem, was Sie für Ihre Ausbildung benötigen.





Case Studies

Sie werden eine Auswahl der besten *case studies* zu diesem Thema bearbeiten. Die Fälle werden von den besten Spezialisten der internationalen Szene präsentiert, analysiert und betreut.



Testing & Retesting

Während des gesamten Programms werden Ihre Kenntnisse in regelmäßigen Abständen getestet und wiederholt. Wir tun dies auf 3 der 4 Ebenen der Millerschen Pyramide.



Meisterklassen

Die Nützlichkeit der Expertenbeobachtung ist wissenschaftlich belegt. Das sogenannte *Learning from an Expert* stärkt das Wissen und das Gedächtnis und schafft Vertrauen in unsere zukünftigen schwierigen Entscheidungen.



Kurzanleitungen zum Vorgehen

TECH bietet die wichtigsten Inhalte des Kurses in Form von Arbeitsblättern oder Kurzanleitungen an. Ein synthetischer, praktischer und effektiver Weg, um dem Studenten zu helfen, in seinem Lernen voranzukommen.



07

Qualifizierung

Der Privater Masterstudiengang in Numerische Strömungsmechanik garantiert neben der präzisesten und aktuellsten Fortbildung auch den Zugang zu einem von der TECH Technologischen Universität ausgestellten Diplom.



“

*Schließen Sie dieses Programm erfolgreich ab
und erhalten Sie Ihren Universitätsabschluss
ohne lästige Reisen oder Formalitäten”*

Dieser **Privater Masterstudiengang in Numerische Strömungsmechanik** enthält das vollständigste und aktuellste Programm auf dem Markt.

Sobald der Student die Prüfungen bestanden hat, erhält er/sie per Post* mit Empfangsbestätigung das entsprechende Diplom, ausgestellt von der **TECH**

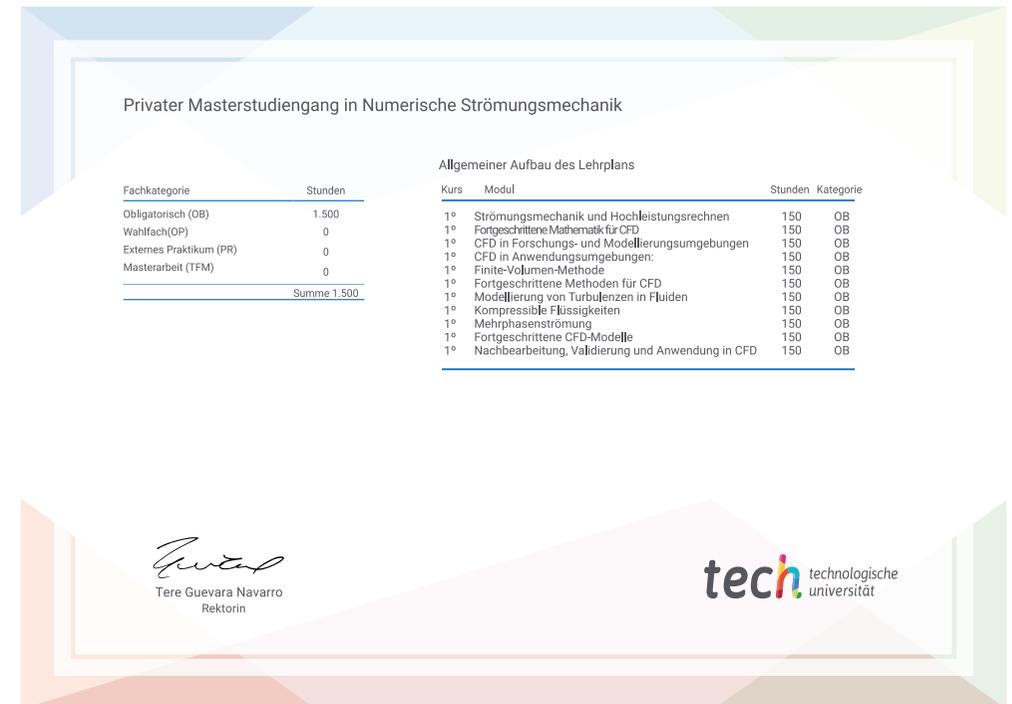
Technologischen Universität.

Das von **TECH Technologische Universität** ausgestellte Diplom drückt die erworbene Qualifikation aus und entspricht den Anforderungen, die in der Regel von Stellenbörsen, Auswahlprüfungen und Berufsbildungsausschüssen verlangt werden.

Titel: **Privater Masterstudiengang in Numerische Strömungsmechanik**

Modalität: **online**

Dauer: **12 Monate**



*Haager Apostille. Für den Fall, dass der Student die Haager Apostille für sein Papierdiplom beantragt, wird TECH EDUCATION die notwendigen Vorkehrungen treffen, um diese gegen eine zusätzliche Gebühr zu beschaffen.

zukunft

gesundheit vertrauen menschen
erziehung information tutoeren
garantie akkreditierung unterricht
institutionen technologie lernen
gemeinschaft verpflichtung
persönliche betreuung innovation
wissen gegenwart qualitat
online-Ausbildung
entwicklung institutionen
virtuelles Klassenzimmer

tech technologische
universität

Privater Masterstudiengang Numerische Strömungsmechanik

- » Modalität: online
- » Dauer: 12 Monate
- » Qualifizierung: TECH Technologische Universität
- » Zeitplan: in Ihrem eigenen Tempo
- » Prüfungen: online

Privater Masterstudiengang Numerische Strömungsmechanik

